

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 2 (63)



**IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

2021

ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (63)



IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

2021

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал
№ 2 (63)

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

quarterly scientific journal
№ 2 (63)

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

Ежеквартальный научный журнал
№ 2 (63)

Главный редактор
Морозов Виталий Юрьевич
Доктор ветеринарных наук, ректор

Заместители главного редактора:
Цыганова Надежда Александровна
Доктор сельскохозяйственных наук, проректор
по научной, инновационной и международной работе
Воронцов Ярослав Алексеевич
Кандидат экономических наук, проректор по коммерческой деятельности
и развитию имущественного комплекса

Выпускающий редактор
Баранова Марина Дмитриевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

Анисимов Анатолий Иванович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);

Атрощенко Геннадий Парфёнович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

Болгов Анатолий Ефремович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство» ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

Ганусевич Фёдор Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство);

Джураева Улугой Шаймардановна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Крупное животноводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

Дидманидзе Отари Назирович, Академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

Долженко Виктор Иванович, Академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений);

Долженко Татьяна Васильевна, доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры «Защита и карантин растений» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.07 Защита растений);

Донских Нина Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

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 (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство; 06.01.04 Агрохимия);

Карпов Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологий» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

Карташевич Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и машины для природоустройства» УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве)

Карынбаев Аманбай Камбарбекович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

Киру Степан Димитрович, доктор биологических наук, профессор кафедры «Растениеводства им. И.А. Стебута» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

Кулинец Валерий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

Лаврищев Антон Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Почвоведение и агрохимия им. Л.Н. Александровой» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.03 Агрофизика; 06.01.04 Агрохимия);

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, директор ООО «Биотроф» (06.02.07. Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

Митюков Алексей Савельевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт Озероведения Российской академии наук» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

Найда Надежда Михайловна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и луговое хозяйство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

Новиков Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

Осипова Галина Степановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

Персикова Тамара Филипповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение» УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (06.01.04 Агрохимия);

Попов Владимир Дмитриевич, Академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией энергоэффективных электротехнологий ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля ФГБНУ ВИР (06.01.04 Агрохимия; 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений);

Ружьев Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

Салеева Ирина Павловна, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией технологии производства мяса птицы ФНЦ «ВНИТИП» РАН (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

Сафронов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Аквакультура и болезни рыб» ФГБОУ ВО СПбГУВМ (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства);

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технические системы в агробизнесе» ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

Сорокопудов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Декоративное садоводство и газоноведение» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений; 06.01.08 Плодоводство, виноградарство; 06.01.09 Овощеводство);

Спиридонов Анатолий Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО СПбГАУ (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры);

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» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных);

Терлецкий Валерий Павлович, доктор биологических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией клеточной биотехнологии ГАОУ ВО ЛГУ им. А.С. Пушкина (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов);

Шило Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор, ректор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства);

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной и воспитательной работе ФГБОУ ВО СПбГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве);

Якушев Виктор Петрович, Академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом моделирования адаптивных агротехнологий ФГБНУ АФИ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства; 06.01.03 Агрофизика; 06.01.04 Агрохимия).

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

QUARTERLY ISSUED SCIENTIFIC JOURNAL

№ 2 (63)

Editor-in-Chief

Morozov Vitaliy Yurievich

Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputies Editor-in-Chief

Tsyganova Nadezhda Aleksandrovna

Doctor of Agricultural Sciences, Vice-Rector for Scientific,
Innovative and International Affairs

Vorontsov Yaroslav Alekseyevich

Candidate of Economic Sciences, Vice-Rector for Commercial
Activities and Development of the Property Complex

Executive Journal Editor

Baranova Marina Dmitrievna

EDITORIAL BOARD

Aldoshin Nikolay Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural machines, FSBEI HE RSAU - MTAA (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

Anisimov Anatoly Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU (06.01.07 Plant Protection);

Atroshchenko Gennady Parfyonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU (06.01.08 Fruit Growing, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

Bolgov Anatoly Efremovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management, FSBEI PetrSU (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

Ganusevich Fedor Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Research named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU (06.01.01 General Farming, Crop Research);

Dzhuraeva Ulugoy Shaimardanovna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Large Animal Husbandry, FSBEI HE SPbSAU (06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology);

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 (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

Dolzhenko Victor Ivanovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, FSBSI VIZR (06.01.07 Plant Protection);

Dolzhenko Tatiana Vasilievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU (06.01.07 Plant Protection);

Donskikh Nina Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU (06.01.01 General Farming, Crop Research; 06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

Ivanov Alexey Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Physical and Chemical Reclamation and Experimentation, FSBSI ARI (06.01.01 General Farming, Crop Research; 06.01.04 Agrochemistry);

Karpov Valery Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Power Supply of Enterprises and Electrotechnologies, FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnology and Electrical Equipment in Agriculture);

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» (05.20.03 Technologies and means of maintenance in agriculture)

Karynbaev Amanbai Kambarbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, LLP «South-West Scientific Research Institute of Livestock and Plant Production» (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

Kiru Stepan Dimitrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Growing named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants).

Kulintsev Valery Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Director of FSBSI «North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center» (06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology);

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 (06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry);

Laptev Georgy Yurievich, Doctor of Biological Sciences, Director of LLC «Biotrof» (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

Mityukov Alexey Savelievich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the FSBSI «Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences» (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

Nayda Nadezhda Mikhailovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU (06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

Novikov Mikhail Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU (05.20.03 Technologies and Maintenance Tools in Agriculture);

Osipova Galina Stepanovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Cultivation and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU (06.01.08 Fruit Production, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

Persikova Tamara Fillipovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, EI «Belarusian State Agricultural Academy» (06.01.04 Agrochemistry)

Popov Vladimir Dmitrievich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

Rakutko Sergey Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Energy Efficient Electrotechnologies, IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM (20.05.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture)

Rogozina Elena Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Potato Genetic Resources, FSBSI VIR (06.01.04 Agrochemistry; 06.01.05 Selection and Seed Production of Agricultural Plants);

Ruzhyev Vyacheslav Anatolievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Technical Systems, Service and Energy, FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

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 (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals; 06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology)

Safronov Sergey Leonidovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aquaculture and Fish Diseases, FSBEI HE SPbSUVU (06.02.10 Animal Sciences, Production of Animal Products);

Smelik Viktor Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture);

Sorokopudov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, FSBEI HE RSAU - MTAA (06.01.05 Selection and Seed Production of Agricultural Plants; 06.01.08 Fruit Production, Viticulture; 06.01.09 Vegetable Production);

Spiridonov Anatoly Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Storage Technology and Processing of Agricultural Products, FSBEI HE SPbSAU (06.01.06 Grassland Research and Medicinal Essential Oil Crops);

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» (06.02.07 Breeding, Selection and Genetics of Farm Animals);

Terletsky Valery Pavlovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Cell Biotechnology, SAEI HE Leningrad State University named after A.S. Pushkin (06.02.08 Feed Production, Farm Animals Feeding and Feed Technology);

Shilo Ivan Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the EI «Belarusian State Agrarian Technical University» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization)

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic and Educational Work, FSBEI HE SPbSAU (05.20.02 Electrotechnology and Electrical Equipment in Agriculture);

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 (05.20.01 Technologies and Mechanical Means of Agriculture; 06.01.03 Agrophysics; 06.01.04 Agrochemistry).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

Никулин А.Б. Формирование укосных травостоев с козлятником восточным сорта Кривич в условиях Ленинградской области	9
Комаров А.А., Кирсанов А.Д., Малашин С.Н. Сравнительная характеристика различных вегетационных индексов при оценке состояния растительного покрова кормовых трав	18
Улимбашев А.М. Сравнительная оценка сортов редиса в весенне-летнем обороте	29
Адрицкая Н.А., Костко И.Г. Хозяйственно-биологическая и технологическая оценка сортов пастернака в условиях Северо-Западного региона	38
Шапиро Я.С., Атрощенко Г.П., Снежко И.А. Мониторинг развития антракноза крыжовника в условиях Ленинградской области	46
Чеботок Е.М. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов смородины черной и отборных форм селекции Свердловской ССС в условиях Среднего Урала	54
Ткач А.С., Голубев А.С., Свирина Н.В. Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля	62
Хуаз С.Х., Кондрат С.В. Исследование влияния предпосевной комплексной и моноинокуляции различными биопрепаратами на высоту, продуктивность и содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы	69
Петрова Н.Г., Долженко Т.В. Экотоксикологическая оценка фунгицидов для защиты пшеницы яровой в период вегетации	76
Воропаева Е.В., Ельшаева И.В. Влияние гидрогеля «Аквасин» и микробиологического препарата «Экстрасол» на рост и развитие декоративных растений в условиях оранжереи	84
Ефремова М.А., Лохматова А.А. Исследование взаимодействия цинка, кадмия и ртути при их накоплении пшеницей из дерново-подзолистой почвы	92

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Племенная ценность быков-производителей голштинской породы различного происхождения	101
Нестерова Ю.А., Гринчук М.А., Рыбалова Н.Б. Развитие животноводства в Калининградской области	110
Васильева Л.Т. Сравнительная оценка результатов выращивания ремонтного молодняка родительских форм кроссов Ну-line brown и Ну-line W-80	117
Попов И.И., Шошина Ю.В., Шабанова С.А. Использование в селекционной работе полиспермного осеменения яичных кур	127

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Гулин С.В., Пиркин А.Г. Решение задач энергосбережения в электротехнологических системах облучения растений	136
Смирнов А.Г., Павлов В.С., Спиридонова А.Н. Техническая жидкость улучшенного состава для удаления ржавчины	145

AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY

Nikulin A.B. Formation of mown grass stands with eastern goat's-rue of the krivich variety in the conditions of the leningrad region	9
Komarov A.A., Kirsanov A.D., Malashin S.N. Comparative characteristics of various vegetation indices (vi) when the vegetation cover state of forage grasses assessing	18
Ulimbashev A.M. Comparative evaluation of radish varieties in spring-summer turnover	29
Adritskaya N.A., Kostko I.G. Evaluation of some parsnip varieties in conditions of the North-West of the Russian Federation	38
Shapiro Y.S., Atroshchenko G.P., Snegko I.A. Monitoring the development of gooseberry anthracnosis in the Leningrad Region	46
Chebotok E.M. Economic and biological estimation of introduced varieties of black currant and selected forms of breeding Sverdlovsk BSH in the conditions of the Middle Urals	54
Tkach A.S., Golubev A.S., Svirina N.V. Control of monocotyledonous weeds in potato	62
Khuaz S.Kh., Kondrat S.V. Study of the effect of pre-sowing complex and mononucleate various biopreparations on the height and productivity of spring wheat	69
Petrova N.G., Dolzhenko T.V. Ecotoxicological assessment of fungicides for the protection of spring wheat during the growing season	76
Voropaeva E.V., Elshaeva I.V. The influence of Aquasin hydrogel and Extrasol microbiological preparation on the growth and development of ornamental plants in a greenhouse	84
Efremova M.A., Lokhmatova A.A. Study of zinc, cadmium and mercury interaction during their accumulation by wheat from soddy-podzolic soil	92

AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

Braginets S.A., Alekseeva A.Y. Breeding value of holstein-bred bulls of various origins	101
Nesterova Y.A., Grinchuk M.A., Rybalova N.B. Animal husbandry development in Kaliningrad region	110
Vasilyeva L.T. Comparative evaluation of the results of growing repair young animals of parent forms of Hy-line brown and brown crosses Hy-line W-80	117
Popov I.I., Shoshina Y.V., Shabanova S.A. Use of polysperm insemination of egg hens in breeding work	127

ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS

Gulin S.V., Pirkin A.G. Solution of problems of energy saving in electrotechnological systems of irradiation of plants	136
Smirnov A.G., Pavlov V.S., Spiridonova A.N. Technical fluid with improved composition to remove rust	145

Научная статья

УДК 633.37

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-9-17

ФОРМИРОВАНИЕ УКОСНЫХ ТРАВСТОЕВ С КОЗЛЯТНИКОМ ВОСТОЧНЫМ СОРТА КРИВИЧ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Анатолий Борисович Никулин

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин,
Санкт-Петербург, 196601, Россия; anatolnikul@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2987-8314>

Реферат. В настоящее время возделывание многолетних бобовых трав позволяет решить проблему кормового белка. В условиях Ленинградской области исследовано формирование укосных травостоев с таким долголетним бобовым видом, как козлятник восточный (*Galega orientalis Lam.*). Исследования проводились в 2017 – 2020 годах на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Объектом исследований был козлятник восточный сорта Кривич. Козлятник восточный был высеян с разными нормами в смеси с тимофеевкой луговой. Способ посева изучаемых травостоев – беспокровный, т.к. в первый год жизни козлятник восточный не выносит затенения. В период проведения исследований фенологические наблюдения и учеты проводились согласно общепринятым методикам. Включение тимофеевки луговой в травостои снизило участие несеяных видов и позволило получать хозяйственные урожаи с первого года пользования травостоями. Снижение нормы высева козлятника восточного не привело к уменьшению побегообразования. С возрастом травостоев количество побегов у козлятника восточного увеличивалось. На третий год пользования количество побегов козлятника восточного составляло до 122 шт./м². Снижение нормы высева козлятника восточного влияло на его долевое участие в травостоях. На четвертый год жизни участие козлятника восточного в изучаемых травостоях было высоким и составляло от 63,2% до 88,4% в первом укосе, от 76% до 95,6% – во втором укосе. Сбор сухой массы в сумме за два укоса в изучаемых травостоях составлял: до 9,9 т/га – в первый год пользования, до 11,9 т/га – во второй год пользования, до 12,5 т/га – на третий год пользования.

Ключевые слова: луговое кормопроизводство, козлятник восточный, побегообразование, ботанический состав, урожайность

Цитирование. Никулин А.Б. Формирование укосных травостоев с козлятником восточным сорта Кривич в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №2 (63). – С. 9-17. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-9-17

FORMATION OF MOWN GRASS STANDS WITH EASTERN GOAT'S-RUE OF THE KRIVICH VARIETY IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAD REGION

Anatoliy B. Nikulin

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601,
Russia; anatolnikul@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2987-8314>

Abstract. Currently, the cultivation of perennial legumes can solve the problem of feed protein. In the conditions of the Leningrad region, the formation of mowing grass stands with such a long-lived legume species as eastern goat's-rue (*Galega orientalis Lam.*) was studied. The research was conducted in 2017-2020 at the experimental field of the St. Petersburg State Agrarian University. The object of research was the eastern goat's-rue of the Krivich variety. Eastern goat's-rue was sown with different standards in a mixture with

meadow timothy. The method of sowing the studied grass stands is blank, since in the first year of life, the eastern goat's-rue does not tolerate shading. During the research period, phenological observations and records were carried out according to generally accepted methods. The inclusion of meadow timothy in the grass stands reduced the participation of non-sown species and allowed to obtain economic harvests from the first year of use of the grass stands. The decrease in the seeding rate of the eastern goatgrass did not lead to a decrease in shoot formation. With the age of the herbage, the number of shoots in the eastern goatee increased. In the third year of use, the number of shoots of eastern goat's-rue was up to 122 pcs./m². A decrease in the seeding rate of the eastern goat's-rue affected its share in the grass stands. In the fourth year of life, the participation of the eastern goat's-rue in the studied herbage was high and ranged from 63.2% to 88.4% in the first mowing, from 76% to 95.6% in the second mowing. The collection of dry mass in total for two mowing in the studied grass stands was up to 9.9 t / ha in the first year of use, up to 11.9 t/ha in the second year of use, up to 12.5 t / ha in the third year of use.

Keywords: meadow forage production, eastern goat's-rue, shoot formation, botanical composition, yield

Citation. Nikulin, A.B. (2021), "Formation of mown grass stands with eastern goat's-rue of the krivich variety in the conditions of the leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 9-17. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-9-17

Введение. Наиболее доступным и надежным источником кормов для животноводства являются многолетние травы. Они формируют кормовую массу, содержащую основные макро- и микроэлементы, минералы, витамины, аминокислоты, другие питательные вещества в доступной форме с высокой энерго-протеиновой насыщенностью. Разнообразные корма, приготовленные из многолетних трав, являются наиболее дешевыми. Эти культуры рационально используют условия произрастания: почвенное плодородие, солнечную радиацию, естественное увлажнение. Произрастая на одном месте много лет, многолетние травы не требуют ежегодных затрат материальных ресурсов на обработку почвы и посев. Азотфиксация многолетними бобовыми травами атмосферного азота значительно сокращает внесение минеральных удобрений. Возделывание многолетних трав служит основой биологизации земледелия, сохранения плодородия и структуры почвы, улучшения экологии окружающей среды за счет снижения распаханности земель, уменьшения применения пестицидов, увеличения безопасности потребления продукции животноводства населением [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Расширение ассортимента многолетних трав за счет интродукции новых высокоурожайных видов и сортов, увеличение доли бобовых трав, внедрение смешанных посевов позволяет производить разнообразные дешевые и качественные корма, сбалансированные по энергии и протеину, со стоимостью энергетической кормовой единицы в 1,5 – 2 раза меньше по сравнению с однолетними культурами. Возделывание многолетних трав дает возможность существенно сократить затраты на мелиоративные и противозерозионные мероприятия, азотные и органические удобрения. Использование видового и сортового разнообразия многолетних трав позволит повысить устойчивость производства кормов, организовать сырьевые конвейеры с использованием травостоев различных групп спелости, повысить эффективность применения минеральных удобрений вследствие сокращения их потерь от инфильтрации [3, 7, 8]. Внедрение высокоурожайных сортов многолетних трав, созданных с учетом почвенно-климатических условий отдельных регионов, является дополнительным резервом увеличения производства кормов [9, 10, 11].

Цель исследования – обоснование создания укосных травостоев с участием козлятника восточного сорта Кривич в условиях Ленинградской области. Для решения поставленной цели в задачи исследования входило: дать сравнительную оценку изучаемым укосным травостоям, изучить побегообразование козлятника восточного, провести анализ ботанического состава изучаемых травостоев, определить урожайность изучаемых травостоев.

Материалы, методы и объекты исследований. Полевой опыт по изучению формирования травостоев с участием козлятника восточного проводился на опытном поле

Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Он был заложен в 2017 году. Повторность опыта – четырехкратная, площадь делянки – 10 м². Козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) сорта Кривич был высеян с разными нормами высева в травосмесях с тимофеевкой луговой (*Phleum pratense* L.) сорта Ленинградская 204. Сорт Кривич выведен в ГНУ Псковский НИИСХ; сорт Ленинградская 204 выведен в ГНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Перед посевом семена козлятника восточного были скарифицированы и обработаны ризоторфином.

Козлятник восточный, как долголетний вид, в первые годы жизни развивается очень медленно. Поэтому одновидовые посева этого бобового вида не обеспечивают получения полноценных урожаев в первые годы пользования и представляют собой заросль несеяных видов [12]. Чтобы избежать этого обстоятельства, включили в состав травосмесей тимофеевку луговую, которая в первые годы жизни травостоев вытеснит несеяные виды и займет их место. Благодаря такому приему можно получать хозяйственный урожай, начиная с первого года пользования травостоями [13]. Также учитывая, что семеноводство многолетних трав в стране в настоящее время затруднено, то для экономии семян мы предлагаем снизить рекомендованную норму высева козлятника восточного 26 кг/га на 50% и на 25% с учетом того, что этот вид за счет своего вегетативного размножения в дальнейшем будет преобладать в изучаемых травостоях.

Климат Санкт-Петербурга характеризуется как морской умеренный, для него обычны избыточное увлажнение, высокая относительная влажность воздуха, непостоянство выпадения осадков, частые оттепели зимой, что влияет на развитие многолетних трав. Анализ среднемесячной температуры воздуха в 2017–2020 гг. показал, что в период с мая по сентябрь она превышала среднемноголетние данные (рис.1). Оценка влагообеспеченности показала, что в годы проведения исследований наблюдались периоды переувлажнения и засушливые периоды, что влияло на развитие изучаемого бобового вида (рис.2).

Исследования проводили на дерново-карбонатной почве. Пахотный горизонт почвы имел следующие агрохимические показатели: близкую к нейтральной реакцию среды (рН_{сол}5,7), содержал 2,15% органического вещества, очень высоко обеспечен подвижным фосфором и повышено обменным калием по Кирсанову – 450 мг-экв/кг и 129 мг-экв/кг соответственно. Данные показатели дерново-карбонатной почвы благоприятны для возделывания многолетних трав, в том числе козлятника восточного.

В период проведения исследований фенологические наблюдения и учеты проводились согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, разработанным Всероссийским научно-исследовательским институтом кормов им. В.Р. Вильямса.

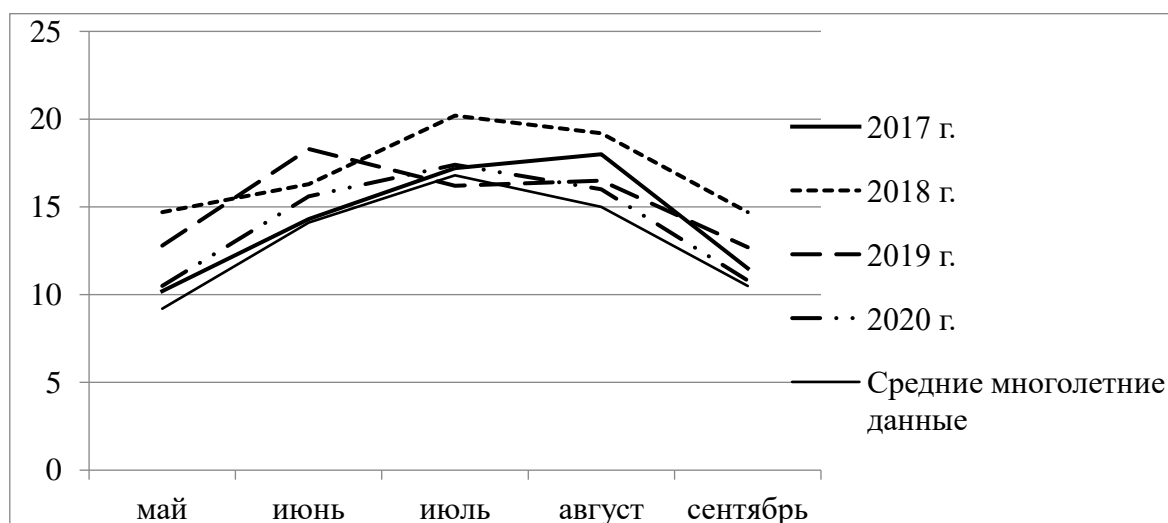


Рисунок 1. Среднемесячная температура воздуха, °С
 Figure 1. Average monthly air temperature, °С

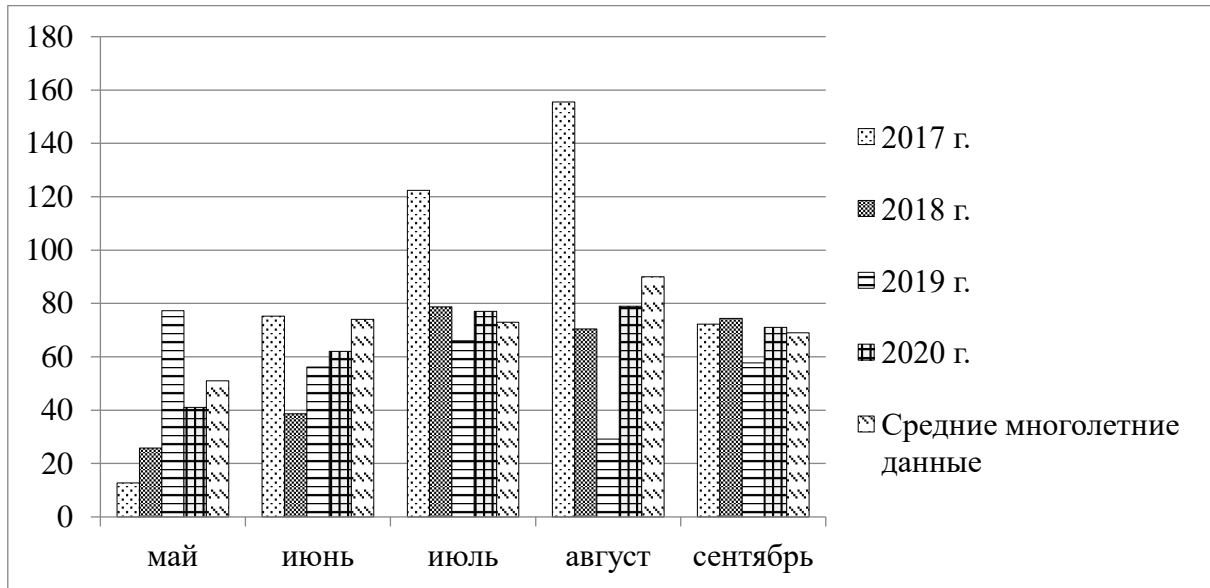


Рисунок 2. Сумма осадков, мм
Figure 2. Precipitation amount, mm

Результаты исследований. Посев козлятника восточного в смеси с тимopheевкой луговой был произведен в начале июня 2017 года. Полные всходы были отмечены на 12 день после посева. Первый настоящий лист появился на 8 день после полных всходов. Полевая всхожесть у козлятника восточного была очень низкой, что связано с наличием у семян козлятника восточного трудно проницаемой для воды и воздуха оболочки. Так, на 1 м² в изучаемых вариантах насчитывалось 30–74 растений козлятника восточного (табл.1).

Таблица 1. Всхожесть семян козлятника восточного
Table 1. Germination of eastern goat's-rue seeds

№	Варианты	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть		
			количество высеянных семян, шт./ м ²	количество взошедших семян, шт./ м ²	всхожесть, %
1	Козлятник восточный (сорт Кривич) 50% + тимopheевка луговая (Ленинградская 204)	79,8	206	30	14,6
2	Козлятник восточный (сорт Кривич) 75% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	79,8	309	39	12,6
3	Козлятник восточный (сорт Кривич) 100% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	79,8	411	74	18,0

Анализ побегообразования показал, что с возрастом травостоев количество побегов у козлятника восточного увеличивалось. Снижение нормы высева козлятника восточного на 50% и 25% не привело к уменьшению побегообразования. Так, на 3 год пользования в варианте с нормой высева 50% количество побегов козлятника восточного составило 122 шт./м², в варианте с нормой высева 75% – 79 шт./м², в варианте с нормой высева 100% – 88 шт./м² (табл.2).

Таблица 2. Количество побегов козлятника восточного, шт./м²
 Table 2. Number of shoots of eastern goat's-rue, pcs./m²

№	Варианты	2018 год		2019 год		2020 год	
		1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
1	Козлятник восточный (сорт Кривич) 50% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	40	52	42	101	122	142
2	Козлятник восточный (сорт Кривич) 75% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	8	20	32	51	79	120
3	Козлятник восточный (сорт Кривич) 100% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	32	64	70	114	88	125

На второй год жизни травостоев долевое участие козлятника восточного было низким, что и следовало ожидать. Так, в варианте с нормой высева 50% долевое участие козлятника восточного составило 19,4% в первом укосе, что было выше, чем в других вариантах (табл.3). Следует отметить, что участие несеяных видов в изучаемых травостоях было не высоким. Это связано с включением в травосмеси тимофеевки луговой, которая доминировала в травостоях. Во втором укосе произошло увеличение долевого участия козлятника восточного в травостоях: в вариантах с нормами высева 50% и 100% до 37%, в варианте с нормой высева 75% до 17,6%. Это связано с увеличением побегообразования козлятника восточного. В то же время участие тимофеевки луговой во втором укосе снизилось во всех вариантах и составило 32–50,4%. Это связано с наступлением засушливого периода в июне после проведения первого укоса и в августе 2018 года. Поэтому долевое участие несеяных видов во втором укосе увеличилось и составило 23–31%, что, несомненно, снижало качество получаемой массы в кормовом отношении. Среди несеяных видов преобладали вьюнок полевой, полынь обыкновенная, одуванчик лекарственный, бодяк полевой, трехреберник непахучий.

Таблица 3. Ботанический состав изучаемых травостоев на второй год жизни
 Table 3. Botanical composition of the studied herb stands for the second year of life

№	Варианты	% по сухой массе					
		1 укос			2 укос		
		сеяный бобовый вид	сеяный злаковый вид	несеяные виды	сеяный бобовый вид	сеяный злаковый вид	несеяные виды
1	Козлятник восточный (сорт Кривич) 50% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	19,4	63,1	17,5	37,0	32,0	31,0
2	Козлятник восточный (сорт Кривич) 75% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	5,0	86,6	8,4	17,6	50,4	32,0
3	Козлятник восточный (сорт Кривич) 100% + тимофеевка луговая (сорт Ленинградская 204)	16,8	72,8	10,4	37,0	40,0	23,0

На третий год жизни травостоев долевое участие козлятника восточного увеличилось по сравнению с предыдущим годом. В варианте с нормой высева 100% долевое участие козлятника восточного составило 62,9% в первом укосе, что было выше, чем в других вариантах (табл.4). В то же время в вариантах с нормами высева 50% и 75% доля козлятника восточного в травостоях составляла 13,6% и 20,2% соответственно. Во втором укосе долевое

участие козлятника восточного в изучаемых травостоях увеличилось. Это связано с увеличением побегообразования козлятника восточного. В то же время участие тимopheевки луговой во втором укосе снизилось во всех вариантах и составило 9,6 – 33,2%. Это связано с недостаточным выпадением осадков после проведения первого укоса в 2019 году. Участие несеяных видов в изучаемых травостоях было не высоким. Среди несеяных видов преобладали полынь обыкновенная, одуванчик лекарственный, бодяк полевой.

Таблица 4. Ботанический состав изучаемых травостоев на третий год жизни
Table 4. Botanical composition of the studied herb stands for the third year of life

№	Варианты	% по сухой массе					
		1 укос			2 укос		
		сеяный бобовый вид	сеяный злаковый вид	несеяные виды	сеяный бобовый вид	сеяный злаковый вид	несеяные виды
1	Козлятник восточный (сорт Кривич) 50% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	13,6	83,4	3,0	86,0	10,8	3,2
2	Козлятник восточный (сорт Кривич) 75% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	20,2	78,4	1,4	57,5	33,2	9,3
3	Козлятник восточный (сорт Кривич) 100% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	62,9	24,6	12,5	83,6	9,6	6,8

На четвертый год жизни основу травостоев составлял козлятник восточный. Так, в варианте с нормой высева 50% доленое участие козлятника восточного составляло 79,8% в первом укосе, в варианте с нормой высева 75% – 63,2%, в варианте с нормой высева 100% – 88,4% (табл.5). Поэтому участие тимopheевки луговой в первом укосе было низким и составляло 10,4 – 14,4%. Во втором укосе козлятник восточный также составлял основу травостоя. Участие несеяных видов в травостоях было низким. Среди несеяных видов встречались полынь обыкновенная, одуванчик лекарственный, бодяк полевой, тысячелистник обыкновенный.

Таким образом, анализ ботанического состава изучаемых травостоев показал, что снижение нормы высева козлятника восточного на 50% и 25% оказывало влияние на доленое участие козлятника восточного в травостоях. Однако уже на четвертый год жизни доленое участие козлятника восточного во всех изучаемых травостоях было высоким.

Объективную оценку эффективности возделывания сельскохозяйственных культур дает сбор сухой массы. Анализ сбора сухой массы показал, что в изучаемых вариантах он находился на разных уровнях значимости (рис.3). На второй год жизни по сбору сухой массы наиболее урожайным оказался вариант с нормой высева 75% козлятника восточного, где было получено 9,9 т/га в сумме за два укоса ($НСР_{0,05} = 0,4$ т/га) На третий и четвертый год жизни по сбору сухой массы наиболее урожайным оказался вариант с нормой высева 100% козлятника восточного, где было получено в сумме за два укоса 11,9 т/га ($НСР_{0,05} = 0,5$ т/га) и 12,5 т/га ($НСР_{0,05} = 0,4$ т/га) соответственно.

Таблица 5. Ботанический состав изучаемых травостоев на четвертый год жизни
 Table 5. Botanical composition of the studied herb stands for the fourth year of life

№	Варианты	% по сухой массе					
		сеяный бобовый вид	1 укос сеяный злаковый вид	несеяные виды	сеяный бобовый вид	2 укос сеяный злаковый вид	несеяные виды
1	Козлятник восточный (сорт Кривич) 50% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	79,8	14,4	5,8	79,6	12,0	8,4
2	Козлятник восточный (сорт Кривич) 75% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	63,2	28,6	8,2	76,0	19,7	4,3
3	Козлятник восточный (сорт Кривич) 100% + тимopheевка луговая (сорт Ленинградская 204)	88,4	10,4	1,2	95,6	2,2	2,2

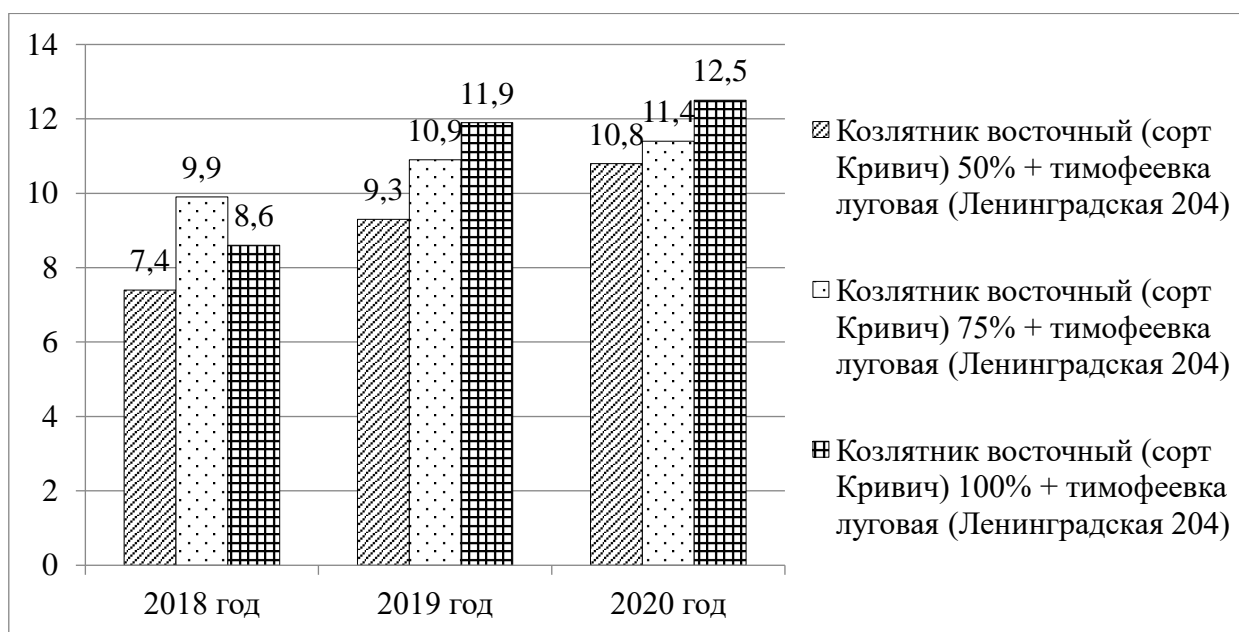


Рисунок 3. Сбор сухой массы в изучаемых травостоях, т/га в сумме за два укоса
 Figure 3. Collection of dry mass in the studied grass stands, t / ha in total for two mowing operations

Выводы. Козлятник восточный в изучаемых травостоях обладал интенсивным побегообразованием, так как в течение трех лет он увеличил свою побегообразовательную способность во всех изучаемых вариантах. Анализ ботанического состава изучаемых травостоев показал: включение тимopheевки луговой в изучаемые травостои позволило снизить участие несеяных видов с первого года пользования; доленое участие козлятника восточного увеличивалось в травостоях ко второму укосу; на четвертый год жизни доленое участие козлятника восточного во всех вариантах было высоким и составляло в первом укосе от 63,2% до 88,4%, во втором укосе – от 76% до 95,6%. Изучаемые травостои обладали высокой урожайностью – в среднем за три года сбор сухой массы составил 10,3 т/га в сумме за два укоса. Поэтому создание укосных травостоев с козлятником восточным является эффективным приемом.

Список источников литературы

1. Новоселов Ю.К., Шпаков А.С., Харьков Г.Д. Полевое кормопроизводство как фактор стабилизации кормовой базы и биологизации земледелия // Кормопроизводство России: сб. научных трудов к 75-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1997. – С.30-41.
2. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Важнейший фактор биологизации земледелия – кормопроизводство // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научных трудов. – Вып.5 (53) / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса.– М.: Угрешская типография, 2015. – С.6-13.
3. Шпаков А.С. Средообразующая роль многолетних трав и система ведения хозяйств в Нечерноземной зоне // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научных трудов. – Вып.5 (53) / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М.: Угрешская типография, 2015. – С.120-129.
4. Благовещенский Г.В., Штырхунув В.Д., Конанчук В.В. Энерго-протеиновый потенциал трав и фуражных культур // Земледелие. – 2016. – №2. – С.21-23.
5. Донских Н.А. Кормопроизводство – актуальные проблемы и перспективы его развития на современном этапе // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – №39. – С.54-57.
6. Dubis, B., Jankowski, K.J., Sokolski, M.M., Zaluski, D., Borawski, P., Szemplinski, W. (2020), "Biomass yield and energy balance of fodder galega in different production technologies: An 11-year field experiment in a large-area farm in Poland", *Renewable Energy*, vol. 154, pp. 813-825.
7. Шпаков А.С. Перспективы использования пахотных угодий в кормопроизводстве Российской Федерации // Кормопроизводство. – 2008. – №11. – С.2-5.
8. Symanowicz, B., Kalembasa, S. (2019), "Eastern galega (*Galega orientalis lam.*) as potential energy plant", *Przemysl Chemiczny*, vol. 98, no. 1, pp. 48-51.
9. Шамсутдинов З.М., Писковацкий Ю.М., Новоселов М.Ю. Селекция и семеноводство кормовых культур в России: результаты и стратегические направления // Адаптивное кормопроизводство. – 2014. – №2. – С.12-23.
10. Ковалев Н.Г., Капсамун А.Д., Иванова Н.Н., Павлючик Е.Н. Козлятник восточный – выгодная кормовая культура в условиях осушаемых земель Нечерноземья // Мир инноваций. – 2017. – №2. – С.41-48.
11. Symanowicz, B., Becher, M., Kalembasa, S., Jezowski, S., (2019), "Possibilities of using fodder galega in the energy sector and agriculture", *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 2, pp. 2677-2687.
12. Никулин А.Б. Формирование укосных травостоев с козлятником восточным в первый год пользования // Вестник ИРГСХА. – 2019. – Вып.91. – С. 25-32.
13. Никулин А.Б. Эффективность возделывания бобовых и бобово-злаковых травостоев с козлятником восточным в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – №41. – С. 21-24.

References

1. Novoselov, Y.K., Shpakov, A.S. and Kharkiv, G.D. (1997), "Field fodder production as a factor of stabilization of fodder and biological agriculture", *Kormoproizvodstvo Rossii: sb. nauchnyh trudov k 75-letiyu VNIi kormov im. V.R. Vil'yamsa*, Moscow, Russia, pp. 30-41.
2. Kosolapov, V.M., Trofimov, I.A., Trofimova, L.S. and Yakovleva, E.P. (2015), "Major factor of biological agriculture – animal feed", *Mnogofunkcional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauchnyh trudov*, no. 5 (vol.53), Moscow, Russia, Ugreshskaya tipografiya, pp. 6-13.
3. Shpakov, A.S. (2015). "The environmental role of perennial grasses and the system of farm management in the Non-Chernozem zone", *Mnogofunkcional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauchnyh trudov*, no. 5 (vol.53), Moscow, Russia, Ugreshskaya tipografiya, pp. 120-129.
4. Blagoveshchenskiy, G.V., Shtyrkhunov, V.D. and Kononchuk, V.V. (2016), "Energy-protein potential of herbs and fodder crops", *Zemledelie*, vol. 2, pp. 21-23.

5. Donskikh, N.A. (2015), Kormoproizvodstvo – actual problems and prospects of its development at the present stage, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 39, pp. 54-57.
6. Dubis, B., Jankowski, K.J., Sokolski, M.M., Zaluski, D., Borawski, P., Szemplinski, W. (2020), "Biomass yield and energy balance of fodder galega in different production technologies: An 11-year field experiment in a large-area farm in Poland", *Renewable Energy*, vol. 154, pp. 813 – 825.
7. Shpakov, A.S. (2008), Prospects for the use of arable land in the feed production of the Russian Federation, *Kormoproizvodstvo*, vol. 11, pp. 2-5.
8. Symanowicz, B., Kalembasa, S. (2019), "Eastern galega (*Galega orientalis lam.*) as potential energy plant", *Przemysl Chemiczny*, vol. 98, no. 1, pp. 48-51.
9. Shamsutdinov, Z.M., Peskovatsko Y.M. and Novoselov M.Y. (2014), Breeding and seed production of forage crops in Russia: results and strategic direction, *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, vol. 2, pp. 12-23.
10. Kovalev, N.G., Kapsamun, A.D., Ivanova, N.N. and Pavlyuchik, E.N. (2017), The eastern goat's-rue – best fodder crop in terms of drained land of black earth, *Mir innovacij*, vol. 2, pp. 41-48.
11. Symanowicz, B., Becher, M., Kalembasa, S., Jezowski, S., (2019), "Possibilities of using fodder galega in the energy sector and agriculture", *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 2, pp. 2677-2687.
12. Nikulin, A.B. (2019), Formation of mowing grass stands with eastern goat's-rue in the first year of use, *Nauchno-prakticheskij zhurnal "Vestnik IrGSKHA"*, no. 91, pp. 25-32.
13. Nikulin, A B. (2015), Efficiency of cultivation of legumes and legumes and cereals with eastern goat's-rue in the Leningrad region, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 41, pp. 21-24.

Сведения об авторах

Никulin Анатолий Борисович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1458-1949.

Information about the authors

Nikulin Anatoliy Borisovich – candidate of agricultural sciences, senior lecturer, senior lecturer of the Department of agriculture and grassland management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 1458-1949.

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. Authors 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 1.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 15.05.2021 г.; принята к публикации 20.05.2021 г.

The article was submitted 1.04.2021; approved after reviewing 15.05.2021; accepted after publication 20.05.2021.

Научная статья

УДК 633.2; 528.8.:63

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-18-29

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОРМОВЫХ ТРАВ**Андрей Алексеевич Комаров¹, Андрей Дмитриевич Кирсанов², Сергей Николаевич Малашин³**¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский пр., 14, Санкт-Петербург, 195420, Россия; Zelenydar@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1430-0509>²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Гражданский пр., 14, Санкт-Петербург, 195420, Россия; andrej.kirsanov.2012@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1007-7170>³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; malashin831@rambler.ru

Реферат. Для успешного управления производственным процессом заготовки кормов все шире используется оценка состояния больших массивов землепользования, осуществляемая с помощью дистанционного зондирования Земли. На основании анализа космических снимков представляется возможность своевременно выявлять оптимальные фазы роста и развития растений, в том числе и многолетних травостоев. Анализ состояния растительного покрова проводился с помощью сервиса Land Viewer, используя данные снимков со спутника Sentinel-2. Все исследования проводились в течение вегетационного сезона 2020 г. на поле площадью 40 га. Координаты полигона 60°4'22–60°3'60 северной широты и 32°17'0–32°17'5 восточной долготы. На основании сравнительной характеристики различных вегетационных индексов (ВИ): NDVI, SAVI, ARVI, EVI и NDWI выявлены наиболее информативные для оценки сроков уборки многолетних трав на кормовые цели. Анализ состояния растений во времени их развития выявил неоднородность показателей по полю для всех оцениваемых индексов. Так, максимальный вегетационный индекс NDVI 0,8-1,0 в июне покрывал 21,78% территории полигона, средний вегетационный индекс 0,6-0,8 – 39,74%, а минимальный 0,2-0,6 – 30,5%. На основании этих данных сделан вывод о целесообразности организации уборки трав не по всей территории полигона, а только по зонам активной вегетации растений (25,4 га), что обеспечило заготовку качественных кормов. Установлено, что вегетационный индекс NDVI наиболее информативен (в данной климатической зоне) и больше других подходит для целей и задач оценки состояния растений, особенно в кормопроизводстве. Вместе с тем такие ВИ, как NDWI и ARVI, могут хорошо дополнять NDVI.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, вегетационные индексы, космоснимки, кормовые травы

Цитирование. Комаров А.А., Кирсанов А.Д., Малашин С.Н. Сравнительная характеристика различных вегетационных индексов при оценке состояния растительного покрова кормовых трав // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №2 (63). – С. 18-29. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-18-29

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF VARIOUS VEGETATION INDICES (VI) WHEN THE VEGETATION COVER STATE OF FORAGE GRASSES ASSESSING**Andrey A. Komarov¹, Andrey D. Kirsanov², Sergey N. Malashin³**¹Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrophysical Research Institute», Grazhdansky prospect, 14, Saint Petersburg, 195420, Russia; e-mail:Zelenydar@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1430-0509>²Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrophysical Research Institute», Grazhdansky prospect, 14, Saint Petersburg, 195420, Russia; andrej.kirsanov.2012@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1007-7170>³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; malashin831@rambler.ru

Abstract. For the successful management of the production process of forage harvesting, the state assessment of large land-use areas, carried out by remote sensing of the Earth, is increasingly used. Based on the analysis of satellite images, it is possible to identify the optimal growth and development phases of plants, including perennial herb stands, in a timely manner. The analysis of vegetation cover state was carried out by the Land Viewer service, using data from images from the Sentinel-2 satellite. All studies were conducted during the 2020 growing season in a 40-hectare field. The coordinates of the polygon are 60°4 '22-60°3' 60 north latitude and 32°17 '0-32°17' 5 east longitude. Based on the comparative characteristics of various vegetation indices (VI): NDVI, SAVI, ARVI, EVI and NDWI the most informative for assessing of perennial grasses harvesting time for forage purposes were identified. The analysis of the state of plants in the time of their development revealed the heterogeneity of the indicators in the field for all the evaluated indices. Thus, the maximum vegetation index NDVI 0.8-1.0 in June covered 21.78% of the landfill area, the average vegetation index 0,6-0,8 – 39,74%, and the minimum 0,2-0,6 – 30,5%. Based on these data, it is concluded that it is advisable to organize grass harvesting not on the entire territory of the landfill, but only on the zones of active vegetation of plants (25.4 hectares), which provided the procurement of high-quality feed. It is established that the vegetation index NDVI is the most informative (in this climatic zone) and is more suitable for the purposes and tasks of plants state assessing, especially in forage production. However, VIs such as NDWI and ARVI can complement NDVI well.

Keywords: *remote sensing of the Earth, vegetation indices, satellite images, forage grasses*

Citation. Komarov A.A., Kirsanov A.D., Malashin S.N. (2021), "Comparative characteristics of various vegetation indices (vi) when the vegetation cover state of forage grasses assessing", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 18-29. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-18-29

Введение. В практике сельскохозяйственного производства для успешного управления производственным процессом заготовки кормов все шире используются не только наземные наблюдения, но и оперативный мониторинг состояния вегетирующих растений, осуществляемый с помощью оперативных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1-3]. Такие наблюдения (оперативный мониторинг) важны по той причине, что с их помощью можно производить оценки состояния больших массивов землепользования и своевременно выявлять оптимальные фазы ростовых процессов растений [4-6], обеспечивающих получение наиболее качественной продукции, в том числе и при оценке состояния многолетних травостоев [7].

Согласно рекомендациям по заготовке кормов целью кормопроизводства является получение грубых кормов с энергетическим показателем приблизительно в 11,0 МДж (мегаджоулей) на килограмм сухого вещества. При этом известно [8], что содержание энергии в траве зависит от стадии развития растений и времени их уборки. Так, в начале колошения луговые травы содержат 11-11,5 МДж на кг сухого вещества, поэтому эта фаза развития растений является определяющей в заготовке кормов. Другим важнейшим показателем качества кормов является содержание сырого протеина (белкового азота) на уровне 150-170 г сырого протеина на 1 кг сухого вещества. Этот показатель крайне важен, поскольку более высокое содержание протеина плохо переваривается животными, а низкое содержание приводит к тому, что требуется добавлять дорогостоящие белковые корма, это делает производство более дорогостоящим.

Таким образом, оценка сроков уборки трав является определяющей для получения качественных кормов. Для получения высококачественных кормов многолетние злаковые травы следует убирать в фазе выхода в трубку, начало колошения, для бобовых – в фазе бутонизации, поскольку именно в этот период наблюдается оптимальное содержание сырой клетчатки в 1 кг сухого вещества (СВ) растений (22%). Задержка с началом уборки, с одной стороны, приводит к увеличению урожайности зелёной массы и валового объёма энергии и протеина с единицы площади, с другой стороны, снижает качественные показатели в 1 кг СВ корма: увеличивается содержание сырой клетчатки, лигнина, снижается концентрация

обменной энергии (ОЭ) и сырого протеина (СП) и, как следствие, снижается поедаемость корма, его усвояемость [8-9]. Таким образом, важным и наиболее актуальным аспектом в заготовке качественных кормов является своевременное выявление сроков их заготовки (сроков уборки), что может быть реализовано с помощью ДЗЗ.

Цель исследования состояла в выборе оптимальных сроков уборки многолетних трав путем сравнительной оценки состояния растительного покрова с помощью ДЗЗ по различным вегетационным индексам.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводились в системе тестовых полигонов [10] в соответствии с принятой методикой [11-12]. Оцениваемый полигон расположен в пределах Приладожской низменной равнины на послеледниковой озерной террасе. Рельеф плоско выровненный, пониженный. Угодье – пашня. Мелиоративное состояние – осушенная. Площадь полигона 40 га. Координаты полигона $60^{\circ}4'22''$ – $60^{\circ}3'60''$ северной широты и $32^{\circ}17'0''$ – $32^{\circ}17'5''$ восточной долготы.

Почвенная разность – торфяная низинная (переходная) маломощная на озерных песках.

Оцифрованные карты полигона получены с использованием различных технических и информационных ресурсов. На рисунке 1 представлен выделенный на космоснимке полигон в оптическом диапазоне.



Рисунок 1. Выделенный на космоснимке полигон в оптическом диапазоне
Figure 1. The polygon selected in the satellite image in the optical range

В исследованиях была использована информация, взятая со спутника Sentinel-2. Уникальность данного спутника состоит в сочетании большого территориального охвата, частых повторных съемок (каждые 5 дней на экваторе, каждые 2-3 дня в средних широтах) и получением полного покрытия всей Земли мультиспектральной съемкой высокого разрешения.

Для обработки и анализа изображений используется сервис Land Viewer. Данный сервис удобен, прост в использовании, хорошо подходит для поиска и обработки спутниковых снимков. Land Viewer включает в себя значительный набор фильтров и алгоритмов для анализа данных.

Вегетационный индекс (ВИ) – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДЗЗ (рис.2.) и имеющий отношение к

параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов.

Ранее [13] мы проводили сравнительный анализ ряда вегетационных индексов по спутниковым данным: *Difference Vegetation Index* (DVI), *Green Difference Vegetation Index* (GDVI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI), *Leaf Area Index* (LAI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) с пространственным разрешением 30 м. На основании этих исследований было установлено наличие статистически значимой связи урожайности зерновых культур и многолетних трав для всех вегетационных индексов, что наблюдалось с середины мая. При этом наибольший коэффициент корреляции был выявлен для индексов DVI и SAVI – $r=0,895$ и $0,877$ соответственно, $p=0,01$.

В настоящих исследованиях был изменен перечень оцениваемых вегетационных индексов, где использовались такие, как: NDVI, SAVI, ARVI, EVI и NDWI, имеющие следующие спектральные диапазоны оцениваемых показателей (рис.2).

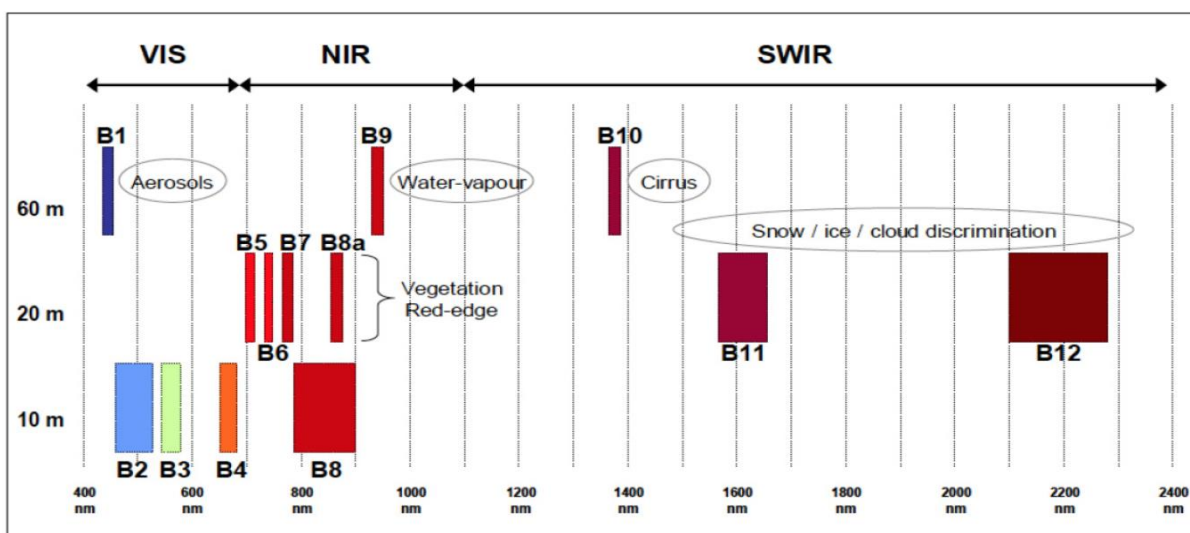


Рисунок 2. Спектральные диапазоны оцениваемых показателей
 Figure 2. Spectral ranges of the estimated indicators

Основной задачей при этом являлось выявление какого-то одного или группы из нескольких взаимодополняющих ВИ, которые были бы наиболее информативны для оценки состояния вегетирующих луговых трав, используемых для заготовки и производства кормов.

Ниже представлен анализ состояния растительного покрова многолетних трав, проведенный с помощью сервиса Land Viewer. Все исследования приурочены к одному тестовому полигону и были проведены в одно время. Что, в свою очередь, позволит сравнить и оценить особенность тех или иных ВИ.

Результаты исследований. Первым и основным оцениваемым ВИ был Normalized Difference Vegetation Index, *NDVI* (рис.3), определяемый по формуле: $(B8A-B04)/(B8A+B04)$ или

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED – отражение в красной области спектра.

Индекс NDVI отличается простотой вычисления и часто применяется при анализе состояния растений. Недостатком является то, что данный ВИ умеренно чувствителен к

изменениям почвенного и атмосферного фона, не чувствителен или слабо чувствителен на участках со слабым развитием растений и на незанятых растительностью участках почвы.

На рисунке 3 отображено изменение состояния исследуемых культур (многолетние травы) в период их активной вегетации – с июня по август. На снимке в июне видно начало активной вегетации растений, а также то, что состояние растительного покрова неоднородно по территории поля. Так, если в северной части поля, где индекс вегетации не превышает 0,1-0,4, наблюдается практически отсутствие вегетирующих растений, то в центральной и особенно южной части поля (ярко зеленым цветом) отображается вегетирующая растительность с индексом 0,6-0,9.

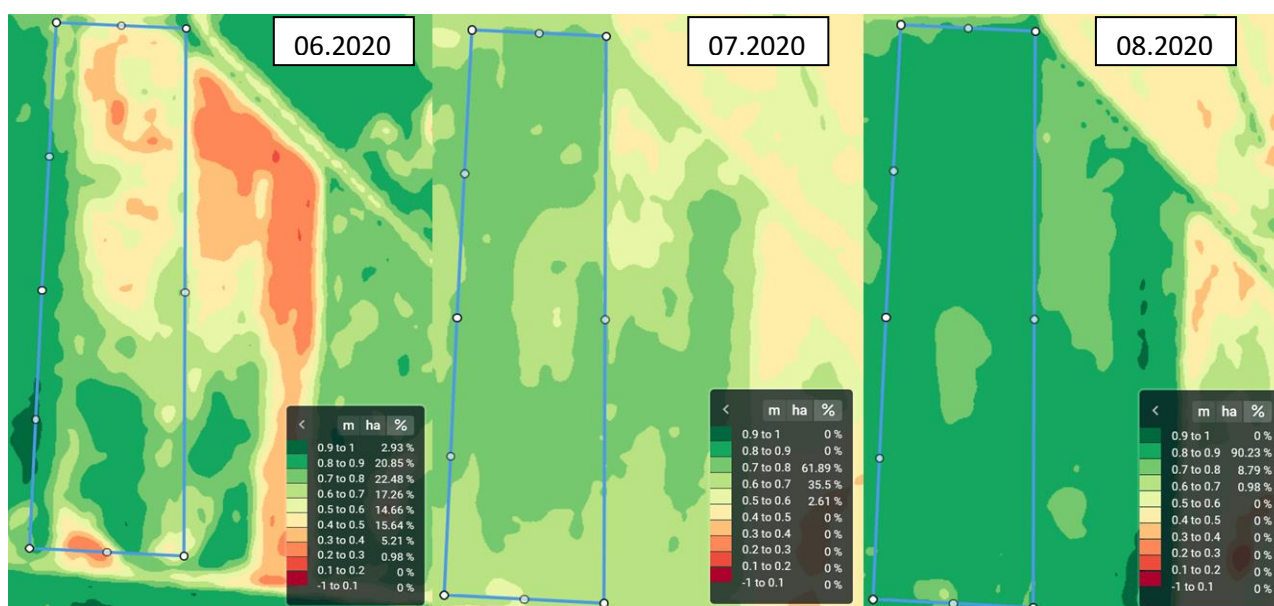


Рисунок 3. Динамика состояния растений по вегетационному индексу NDVI
 Figure 3. Dynamics of the state of plants according to the vegetation index NDVI

0.9 to 1	2.93 %	0.9 to 1	0 %	0.9 to 1	0 %
0.8 to 0.9	20.85 %	0.8 to 0.9	0 %	0.8 to 0.9	90.23 %
0.7 to 0.8	22.48 %	0.7 to 0.8	61.89 %	0.7 to 0.8	8.79 %
0.6 to 0.7	17.26 %	0.6 to 0.7	35.5 %	0.6 to 0.7	0.98 %
0.5 to 0.6	14.66 %	0.5 to 0.6	2.61 %	0.5 to 0.6	0 %
0.4 to 0.5	15.64 %	0.4 to 0.5	0 %	0.4 to 0.5	0 %
0.3 to 0.4	5.21 %	0.3 to 0.4	0 %	0.3 to 0.4	0 %
0.2 to 0.3	0.98 %	0.2 to 0.3	0 %	0.2 to 0.3	0 %
0.1 to 0.2	0 %	0.1 to 0.2	0 %	0.1 to 0.2	0 %
-1 to 0.1	0 %	-1 to 0.1	0 %	-1 to 0.1	0 %

Рисунок 4. Процентное соотношение качества биомассы, относительно шкалы с июня по август
 Figure 4. Percentage ratio of biomass quality, relative to the scale from June to August

Кластерный анализ состояния растений по времени их развития (рис.4) показывает, что максимальный вегетационный индекс NDVI 0,8-1,0 в июне покрывал 21,78% территории полигона, средний вегетационный индекс 0,6-0,8 – 39,74%, а минимальный 0,2-0,6 – 30,5%. То есть примерно каждая треть территории полигона приходилась на разном уровне вегетационного состояния растений: от максимальной вегетирующей (готовой к уборке) до созревающей и даже недостаточной. На основании этих данных можно было сделать вывод о целесообразности организации уборки трав (первый укос) не по всей территории полигона, а только по зонам активной вегетации растений (25,4 га), расположенным в центральной и южной

части поля, покрывающей 63,5% всей территории поля. В июле долевое участие активно вегетирующих растений составляло уже 97,38%, в то время как слабо вегетирующие растения составляли всего 2,61%. Активно вегетирующие растения предопределили необходимость проведения укоса практически по всей территории полигона. К августу практически вся территория полигона характеризовалась более высоким вегетационным индексом – до 0,8-0,9 (90,23%) и 0,7-0,8 (8,79%), характеризующим уже перестоявший травостой.

Оценка другого вегетационного индекса Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) показывает индекс развития растительности с коррекцией по почве и характеризуемого формулой:

$$1.5 \cdot (B8A - B04) / (B8A + B04 + 0.5)$$

или

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} \times (1 + L),$$

где $L = [0;1]$, $L = 0$ – для наибольшего индекса облиствения;

$L = 1$ – для наименьшего, оптимальное значение $L = 0,5$.

SAVI – это индекс растительности, который пытается минимизировать влияние яркости почвы с помощью коэффициента коррекции яркости почвы.

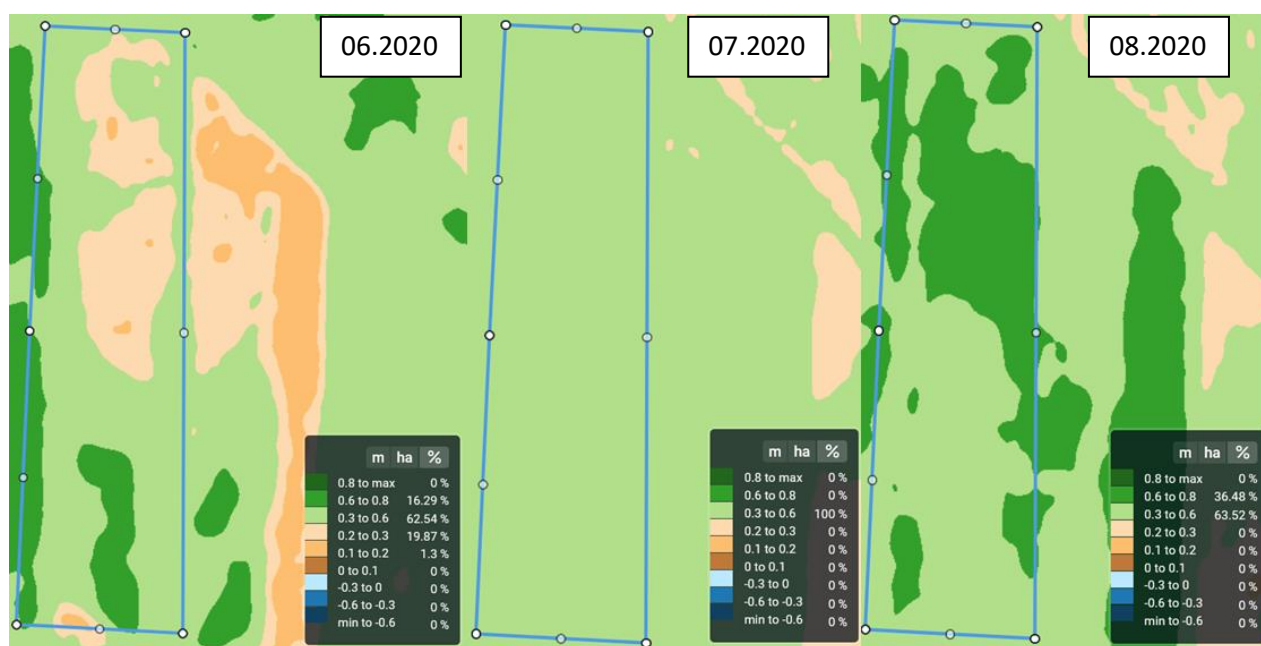


Рисунок 5. Динамика состояния растений по вегетационному индексу SAVI
 Figure 5. Dynamics of the state of plants according to the vegetation index SAVI

На рисунке 5 отображена динамика состояния растений по вегетационному индексу SAVI. Этот вегетационный индекс оказывается менее подходящим для меняющейся оценки состояния растений в период вегетации. Это объясняется тем, что идет коррекция по яркости почвы, следовательно, индекс менее чувствителен по отношению к растительности. Данный индекс уступает по функциональности индексу NDVI, с его помощью сложнее выявлять проблемные зоны на полях, однако можно, огрубляя результаты, принимать решения по оптимизации уборки растений во времени. Так, на основании этого индекса агроному легче принять решение о целесообразности уборки растений как по отдельным участкам поля (июнь и август), так и по всему массиву (июль).

Вегетационный индекс Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) является улучшенным NDVI, используется для коррекции влияния атмосферы и описываемый формулой:

$$(B08 - (B04 - 1 * (B02 - B04))) / (B08 + (B04 - 1 * (B02 - B04)))$$

или

$$ARVI = \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb},$$

где $Rb = RED - a \times (RED - BLUE)$, как правило, $a=1$, при малом покрытии растительности и неизвестном типе атмосферы $a=0,5$.

Он наиболее полезен в регионах с высоким содержанием атмосферного аэрозоля, включая тропические районы, загрязненные сажей.

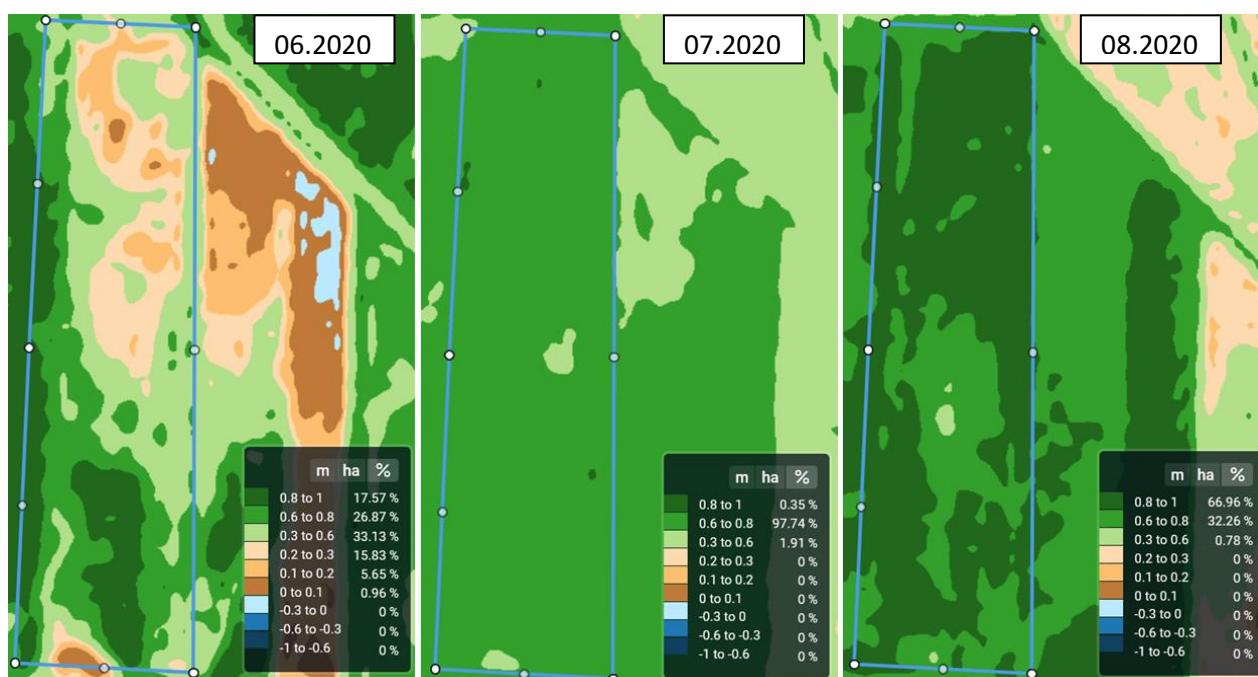


Рисунок 6. Динамика состояния растений по вегетационному индексу ARVI
 Figure 6. Dynamics of the state of plants according to the vegetation index ARVI

При использовании этого индекса снижается чувствительность к влиянию атмосферных явлений. Данный VI менее чувствителен к изменению растительного покрова, чем NDVI (рис.6). Данный индекс рационально использовать в комплексе с NDVI индексом. Особенность индекса в том, что на ранних и поздних стадиях вегетации растений он более контрастно описывает их состояние, в оптимальном же режиме развития растений (июль) показатели сглаживаются и информативность индекса снижается. На основании использования этого индекса агроному также легко принять решение о сроках проведения уборки растений.

Вегетационный индекс Enhanced Vegetation Index (EVI) является «оптимизированным» индексом вегетирующих растений, разработанным для улучшения показателей отклика интенсивности вегетации. Применяется при обилии биомассы растений (например, в тропиках). Его предпочтительно использовать в условиях с равнинной местностью, но хуже в ландшафтах с высотными перепадами (гористая и холмистая местность), описывается формулой:

$$2.5 * ((B8A - B04) / ((B8A + 6 * B04 - 7.5 * B02) + 1))$$

или

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)}$$

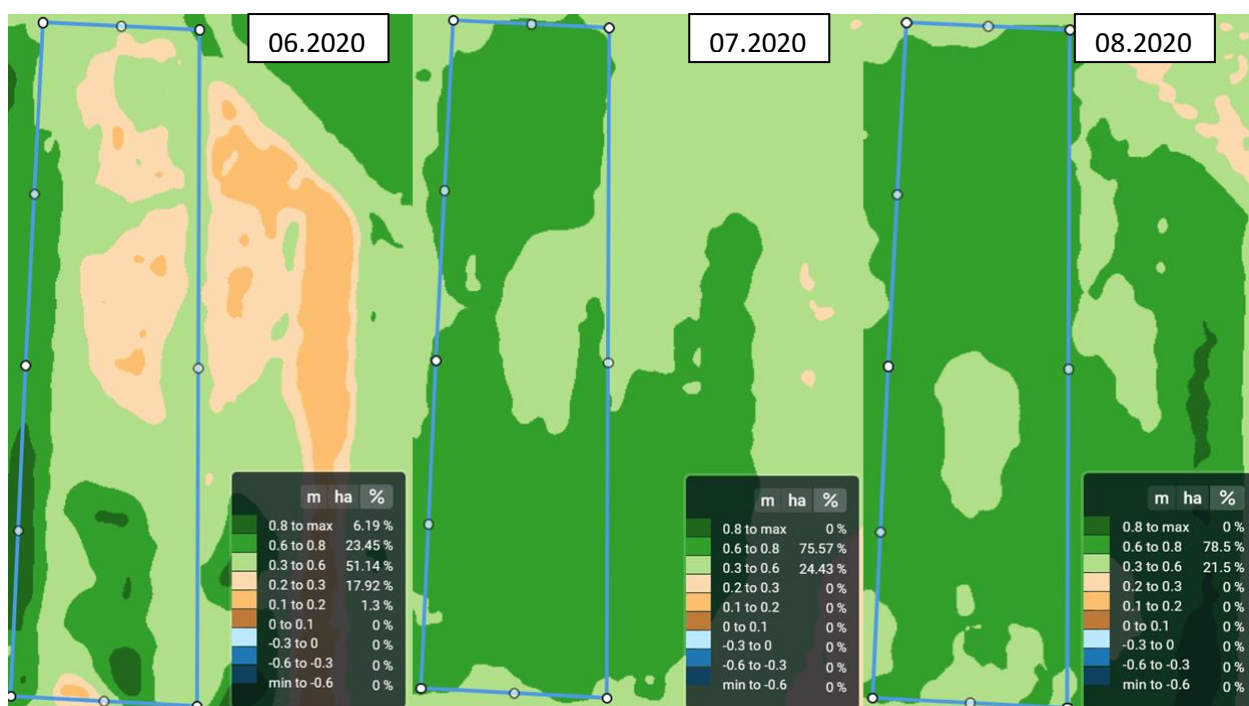


Рисунок 7. Динамика состояния растений по вегетационному индексу EVI
 Figure 7. Dynamics of the state of plants according to the vegetation index EVI

На рисунке 7 продемонстрировано использование этого индекса. В условиях Северо-Запада по информативности уступает ARVI, а следовательно и NDVI. То есть он проявляет меньшую чувствительность. Вместе с тем он пригоден для оценки общей картины состояния растительного покрова, хотя и более контрастно выделяет зоны неоднородности по росту и развитию растений.

Вегетационный индекс Normalized Difference Water Index (NDWI) характеризует средний инфракрасный диапазон и показывает не только интенсивность фотосинтеза, но и количество воды в клетках растений. Индекс важен для оценки состояния растений в аридной, засушливой зоне, где дефицит воды ограничивает биопродуктивность растений. Описывается формулой:

$$(B03-B08)/(B03+B08)$$

или

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$$

Оценка состояния растений по индексу NDWI представлена на рисунке 8.

В условиях гумидного климата этот индекс не может служить для оценки сроков уборки многолетних трав.

Применение вегетационных индексов может быть целесообразным не только для оценки вегетирующих растений в период их роста и развития, например, для того, чтобы определить оптимальные сроки уборки многолетних трав, но и выделить те территории поля, где, прежде всего, целесообразно начать уборку. Вегетационные индексы могут помочь при оценке корректирующих приемов управления ростом и развитием растений [14]. Как показывает опыт заготовки силоса в производственных условиях на примере СПК «Кобраловский» Гатчинского района Ленинградской области, получение высококачественных кормов для сбалансированного питания крупного рогатого скота возможно при соблюдении не только оптимальных сроков уборки растительной зелёной массы, но и внесении органических удобрений перед посевом, а также внесении минеральных удобрений под первый и второй укос. Причем дозы и сроки внесения удобрений можно

контролировать с помощью ДЗЗ. Так, по данным Савенко Ю.П. (Управление ветеринарии Ленинградской области) и СПК «Кобраловский», внесение азотных удобрений (аммиачной селитры – 200 кг в физическом весе на гектар) в 2018 году позволило увеличить содержание сырого протеина в силосе при пересчёте на сухое вещество до 15,6% (с 9,6% в 2017 году). Скармливание такого силоса раздойным коровам позволило получить в расчёте на базовое молоко (по белку и жиру) от одной коровы дополнительно 6 кг молока. Улучшение качества силоса собственного производства привело к частичной замене белковых кормов в рационе КРС, что, в свою очередь, в дальнейшем улучшило здоровье животных.

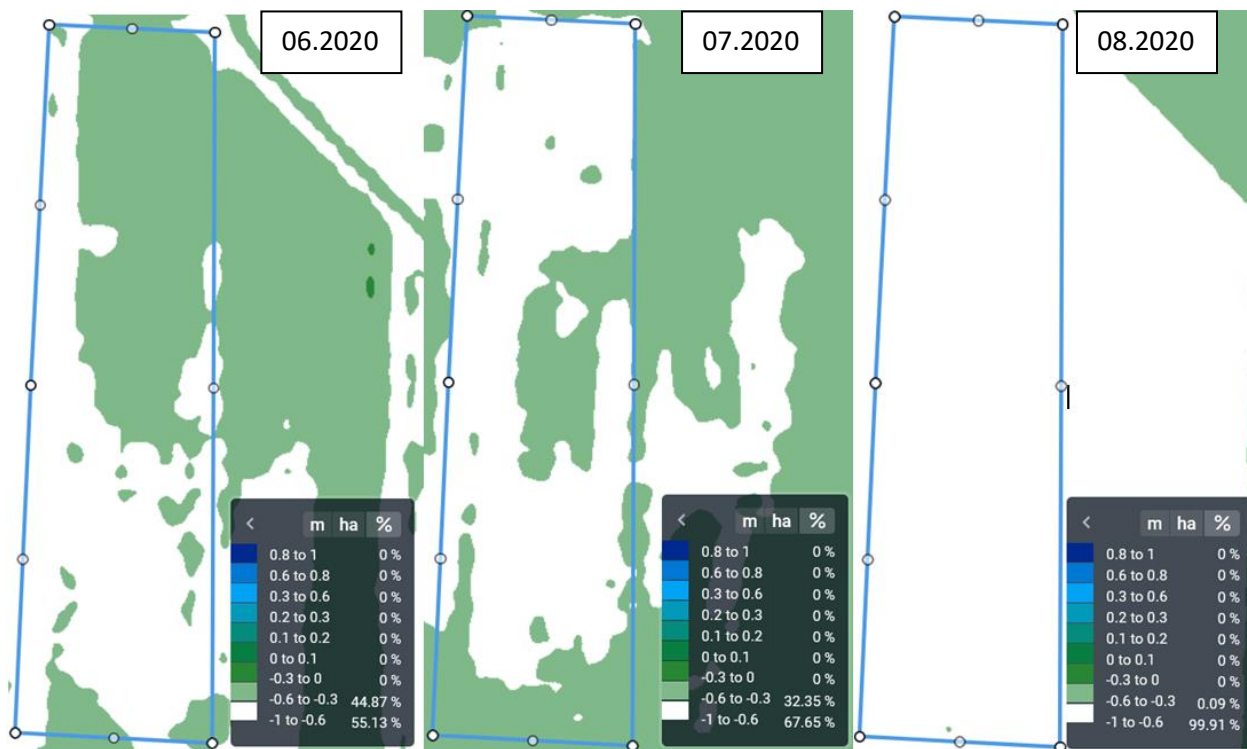


Рисунок 8. Динамика состояния растений по вегетационному индексу NDWI
 Figure 8. Dynamics of the state of plants according to the vegetation index NDWI

Выводы:

На основании проведенных исследований показано, что для оценки состояния растительного покрова многолетних трав важным является определение оптимальных сроков уборки, это реализуется с помощью определения различных вегетационных индексов в системе ДЗЗ. Используя космоснимки, можно оценивать состояние растений на больших массивах, получая оперативную информацию для принятия решений по своевременной уборке как по всему полю, так и по отдельным его участкам, где растения вегетируют интенсивнее, а следовательно, нуждаются в первоочередной уборке.

Сравнив различные ВИ, можно судить о том, что вегетационный индекс NDVI наиболее информативен (в данной климатической зоне) и больше других подходит для целей и задач оценки состояния растений, особенно в кормопроизводстве. Вместе с тем отказываться от применения других ВИ полностью не стоит. Особенно необходимо учитывать не только достоинства, но и некоторые недостатки использования NDVI-индекса. Поэтому другие ВИ будут хорошо дополнять NDVI.

Таким образом, использование различных вегетационных индексов расширяет объем информации и позволяет в различных конкретных условиях использовать тот из них, который наиболее приемлем в данном конкретном случае.

Для большинства задач сравнения полученных результатов по вегетационным индексам необходимо сформировать серию эталонов (эталонных полевых полигонов), в

которых должны учитываться сезонные эколого-климатические показатели, причем как самого снимка, так и тестовых площадок на момент сбора данных. Особенно значимыми данные материалы становятся при расчетах продуктивности, запасах биомассы и прочих количественных показателях.

Список источников литературы

1. Савин И.Ю., Симакова М.С. Спутниковые технологии для инвентаризации и мониторинга почв в России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – № 5. Т. 9. – С. 104-115.
2. Bastiaanssen W.G.M., Noordman E.J.M., Pelgrum H., Davids G., Thoreson B.P., Allen R.G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2005. – № 131(1). – С. 85-93 (doi: 10.1061/(ASCE)0733-9437(2005)131:1(85)).
3. Menges R.M., Nixon P.R., Richardson A.J. Light reflectance and remote sensing of weeds in agronomic and horticultural crops // Weed Science. – 1985. – № 33(4). – С. 569-581 (doi: 10.1017/S0043174500082862).
4. Захарян Ю.Г., Комаров А.А. Перспективы использования геостатистики для анализа состояния растений по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – № 3. Т. 16. – С. 140-148. (doi: 10/21046/2070-7401-2019-16-3-140-148).
5. Thorp K., Tian L.F. A review on remote sensing of weeds in agriculture // Precision Agriculture. – 2004. – № 5(5). – С. 477-508 (doi: 10.1007/s11119-004-5321-1).
6. Diker K., Heermann D. F., Bordahl M. K. Frequency analysis of yield for delineating yield response zones // Precision Agriculture – 2004. – № 5. – С. 435-444 (doi: 10.1007/s11119-004-5318-9).
7. Комаров А.А., Комаров А.А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (51). – С. 124-129.
8. [Электронный ресурс]: URL: <https://studylib.ru/doc/638115/rekomendacii-po-proizvodstvu-i-zagotovke-> (дата обращения: 18.03.2021).
9. Донских Н.А. Научное обоснование приемов создания долголетних укосных травостоев на Северо-Западе России: дис...докт.с.-х. наук. – СПб, 1998. – 249 с.
10. Комаров А.А., Суханов П.А. О мониторинге плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 21. – С. 11-17.
11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова). – М., 2003. – 240 с.
12. Комаров А.А., Суханов П.А., Кирсанов А.Д. Тестовые мониторинговые полигоны как инструмент для идентификации данных дистанционного зондирования земли // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – СПб., 2018. – С. 139-145.
13. Комаров А.А., Мунтян А.Н., Суханов П.А. Выбор информативных показателей дистанционного зондирования состояния растительного покрова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (52). – С. 64-70.
14. Малашин С.Н. Влияние ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на продуктивность овсяницы красной на Северо-Западе РФ: дис...канд. с.-х. наук. – СПб., 2009. – 101 с.

References

1. Savin, I.Yu and Simakova, M. S. (2012), “Sputnikovye tekhnologii dlya inventarizacii i monitoringa pochv v Rossii”, *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol 9, no 5, pp. 104-115.

2. Bastiaanssen, W.G.M., Noordman, E.J.M., Pelgrum, H., Davids, G., Thoreson, B.P. and Allen, R.G. (2005), "SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol (1), no 131, pp. 85-93.
3. Menges, R.M., Nixon, P.R. and Richardson, A.J. (1985). "Light reflectance and remote sensing of weeds in agro-nomic and horticultural crops", *Weed Science*, vol 4, no 33, pp. 569-581.
4. Zaharyan, Yu.G. and Komarov, A.A. (2019), "Perspektivy ispol'zovaniya geostatistiki dlya analiza sostoyaniya rastenij po dannym distancionnogo zondirovaniya Zemli", *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, vol 16, no 3, pp.140-148.
5. Thorp, K. and Tian, L.F. (2004), "A review on remote sensing of weeds in agriculture, *Precision Agriculture*, vol 5, no 5, pp. 477-508.
6. Diker, K., Heermann, D. F. and Bordahl, M. K. (2004), "Frequency analysis of yield for delineating yield response zones", *Precision Agriculture*, no 5, pp. 435-444.
7. Komarov, A.A. and Komarov A.A. (2018), "Ocenka sostoyaniya travostoya s pomoshch'yu vegetacionnogo indeksa NDVI", *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol 51, no 2, pp.124-129.
8. [Elektronnyj resurs]: URL<https://studylib.ru/doc/638115/rekomendacii-po-proizvodstvu-i-zagotovke> (data obraschenia: 18/03/2021)
9. Donskih, N.A. (1998), Scientific justification of methods for creating long-term mowing grass stands in the North-West of Russia. Ph.D: Thesis, SPbGAU, SPb.-Pushkin (In Russia)
10. Komarov, A.A. and Suhanov, P.A. (2010), "O monitoringe plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v usloviyah Leningradskoj oblasti", *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, no 21, pp.11-17.
11. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya" (2003), Moscow, 240 s.
12. Komarov, A.A., Suhanov, P.A. and Kirsanov A.D. (2018), "Test monitoring polygons as a tool for identifying remote sensing data", *V Sbornike: Primenenie sredstv distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve*. pp. 139-145.
13. Komarov, A.A., Muntyan, A.N. and Suhanov, P.A. (2018). "Selection of informative indicators for remote sensing of the state of vegetation cover", *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 52, no 3, pp. 64-70.
14. Malashin S.N. (2009), Influence of associative nitrogen-fixing microorganisms on the productivity of red fescue in the North-West of the Russian Federation, Ph.D: Thesis, SPbGAU SPb.-Pushkin (In Russia)

Сведения об авторах

Андрей Алексеевич Комаров – доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», spin-код: 3522-3694, Scopus Autor ID: 7103383300, Researcher ID C-4382-2017

Андрей Дмитриевич Кирсанов – соискатель, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», spin-код: 2601-7331

Сергей Николаевич Малашин – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Академия менеджмента и агробизнеса, spin-код: 2276-6187

Information about the authors

Andrey A. Komarov – Doctor of agricultural sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrophysical Research Institute», spin-code: 3522-3694, Scopus Autor ID: 7103383300, Researcher ID C-4382-2017

Andrey D. Kirsanov – Applicant, Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrophysical Research Institute», spin-code: 2601-7331

Sergey N. Malashin – Candidate of agricultural sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», Academy of Management and Agribusiness, spin-code: 2276-6187

Авторский вклад.

Комаров А.А. (идея, написание статьи, научное редактирование текста);

Кирсанов А.Д. (анализ данных ДЗЗ, дешифровка снимков);

Малашин С.Н. (сбор и обработка материалов, оценка состояния посевов для кормопроизводства).

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, поскольку все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution.

Komarov A.A. (idea, article writing, scientific text editing);

Kirsanov A.D. (remote sensing data analysis, image decryption);

Malashin S.N. (collection and processing of materials, assessment of the state of crops for feed production).

Conflict of interest.

The authors declare that there is no conflict of interest, since all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Статья поступила в редакцию 4.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 30.04.2021 г.; принята к публикации 11.05.2021 г.

The article was submitted 4.04.2021; approved after reviewing 30.04.2021; accepted after publication 11.05.2021.

Научная статья

УДК 635.152

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-29-38

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ РЕДИСА В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕМ ОБОРОТЕ

Азрет Муазинович Улимбашев¹

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; ulimbashiev_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

Реферат. Перед овощеводством стоит важная задача – обеспечить население свежими, экологически безопасными овощами в широком ассортименте. Редис в числе многих других овощных культур способствует решению этой проблемы. Короткий вегетационный период, простота приемов выращивания, разнообразие сортов позволяют получать корнеплоды в самые различные сроки.

В последние годы в нашей стране возросло производство корнеплодных растений, которые обладают пищевой и лечебной ценностью, обусловленной их химическим составом и сочетанием разнообразных витаминов.

Реализация максимальной продуктивности культуры с минимальными затратами на производство может быть осуществлена оптимальными приемами выращивания, и одним из способов является подбор сортов.

Трудность возделывания сортов редиса определяется их биологическими особенностями и, прежде всего, реакцией растений на увеличение светового дня. Принимая во внимание, что Ленинградская область находится в резко-континентальном климате с коротким вегетационным периодом и длинным световым днем, эта проблема наиболее острая.

Ориентирование земледелия на биологизацию, появление новых сортов, особенности климатических условий требуют корректировки существующих общих приемов выращивания корнеплодных растений семейства Капустных.

Подбор сортов, слабо реагирующих на увеличение светового дня, основанный на изучении особенностей роста и развития культур в условиях Ленинградской области, является актуальным и позволяет получать высококачественную продукцию.

Ключевые слова: редис, сорта, продуктивность, качество

Цитирование. Улимбашев А.М. Сравнительная оценка сортов редиса в весенне - летнем обороте // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 29-38. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-29-38

COMPARATIVE EVALUATION OF RADISH VARIETIES IN SPRING-SUMMER TURNOVER

Azret M. Ulimbashev¹

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin,
Saint-Petersburg, 196601, Russia; ulimbashov_a@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-2882-1866>

Abstract. Vegetable growing faces an important task to provide the population with fresh, environmentally friendly vegetables in a wide range. Radish, among many other vegetable crops, helps to solve this problem. A short growing season, simplicity of growing techniques, varieties diversity- all this allows to get root crops at different time.

In recent years, the production of root crops, which have nutritional and medicinal value due to their chemical composition and the combination of various vitamins has increased in our country.

The implementation of the maximum productivity of the crop with minimum production costs can be carried out by optimal cultivation techniques such as the selection of varieties.

The difficulty of cultivating radish varieties is determined by their biological characteristics, and, above all, by the reaction of plants to an increase in daylight hours. Taking into account that the Leningrad region is located in the area of a sharply continental climate and a short growing season with long daylight hours, this problem is most acute.

The orientation of agriculture towards biologization, the emergence of new varieties, and the peculiarities of climatic conditions require adjusting the existing general methods of growing root crops of the Cabbage family.

The selection of varieties that are weakly responsive to an increase in daylight hours, based on the study of the characteristics of growth and development of crops in the conditions of the Leningrad region, are relevant and allow to get high-quality products.

Keywords: radish, varieties, productivity, quality

Citation. Ulimbashev, A.M. (2020), " Comparative evaluation of radish varieties in spring-summer turnover", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no 2, pp. 29-38. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-29-38

Введение. Основная задача агропромышленного комплекса – достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надёжное обеспечение населения продуктами питания, улучшение качества продукции, устранение потерь на всех стадиях её производства.

Овощеводство – одна из важнейших отраслей сельского хозяйства, так как овощи играют исключительно важную роль в питании человека. В овощах содержатся ценные вещества в легкоусвояемой форме: витамины, углеводы, аминокислоты, микроэлементы, минеральные соли – от них зависит нормальная жизнедеятельность человека.

Пищевое значение овощей велико и многообразно. Овощи являются необходимыми продуктами питания, богатыми витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами, а также биологически активными веществами. Все это указывает на необходимость доведения производства овощей в стране до полной потребности в них населения.

Несмотря на ценность овощей как продуктов питания, производство овощей в Российской Федерации не соответствует медицинской норме годового потребления. Так, при норме потребления на одного человека в год 130-140 кг в России производится около 70 кг овощей. При этом весьма ограничен ассортимент выращиваемых овощных культур [1].

Решение проблемы увеличения видового разнообразия овощей как в целом по России, так и в зоне Поволжья, тесно связано с увеличением их общего потребления, а также с сокращением сезонности в обеспечении населения овощами [2].

В улучшении снабжения населения нашей страны овощами большую роль должны сыграть зеленные овощные культуры, выращивание которых возможно как в открытом, так и в защищенном грунте (Борисов В.Л., Петров И.П., 1977).

Ценность зеленных овощных культур в значительной степени определяется их скороспелостью, холодостойкостью, а также высоким содержанием разнообразных витаминов и биологически активных веществ.

Редис является наиболее распространенной овощной культурой из группы зеленных, которую выращивают как в производственных условиях, так и на индивидуальных огородах [3].

Редис – ценная овощная культура, значение которого в питании человека определяется наличием в нём легкоусвояемых организмом минеральных солей, кальция, калия, фосфора, железа, магния, а также витаминов и ферментов, способствующих улучшению обмена веществ в организме человека.

Присутствие эфирных масел и гликозидных соединений в корнеплодах редиса придаёт им особый вкус и остроту и обеспечивает хорошую усвояемость в организме человека.

История возникновения редиса теряется в веках. Его прародительница редька была широко известна еще во времена фараона Хеопса, о чем свидетельствуют надписи на его гробнице. Считают, что редис появился в Средневековье в результате селекции редьки.

О скромнике-редисе впервые заговорили в Европе в XVI веке. Есть версия, что его первыми по достоинству оценили повара Франции. В России редис появился из Голландии в начале XVIII века, по велению Петра I, любителя экзотики. Редис никак не хотел основываться на российских огородах в качестве овоща, его раннюю всхожесть долго еще использовали для отделения грядок одной от другой. Настало время, когда редис все-таки заметили, и он занял достойное место в ряду других овощей [4].

Средняя медицинская норма годового потребления редиса на одного человека составляет около одного килограмма. При сравнительно невысокой норме потребления этого продукта, ценность редиса заключается в исключительной скороспелости и холодостойкости, что позволяет иметь урожай этой ценной овощной культуры в самые ранние сроки [5].

Доказано, что пополнить организм половиной суточной нормы аскорбинки можно всего лишь одним пучком этого замечательного овоща. А для страдающих избыточным весом есть редиску просто необходимо, она содержит всего 14 килокалорий, а ее ферменты способствуют улучшению обмена веществ и усиливают сжигание жира. Для диабетиков редис является одним из овощей, нормализующих сахар. Гипертоникам и сердечникам красноеголовая целительница поможет снизить артериальное давление и подлечит сосуды. Еще редис богат витамином В, спасающим нас от стрессов; калием и магнием, железом для повышения гемоглобина, а также натрием, серой, фосфором [6].

Немного жгучий вкус придает редису содержащееся в нем горчичное масло. Для того чтобы горчичное масло не разложилось при нарезании редиса, есть его необходимо целым.

Редис повсеместно выращивается во всех регионах России и вполне возможно получение высоких урожаев этой культуры в открытом и защищенном грунте. По данным статистических показателей, в России редис отнесен в группу прочих овощных культур, урожайность которых не приводится. Однако в литературе имеются данные о получении урожая корнеплодов редиса при выращивании в защищенном грунте до 3-4 кг/м² [7], и до 10-12 т/га при выращивании в открытом грунте (Скачко В.А., Елисеев А.Ф., 1984). Редис – скороспелая культура. Это позволяет получать его урожай в защищенном грунте рано весной, а в открытом – в течение всего вегетационного периода. Для выращивания редиса в защищенном грунте необходим дифференцированный подбор сортов для различных периодов выращивания в заданные сроки, при наименьших производственных затратах. В связи с этим

важно внедрять в сельскохозяйственное производство новые и малоизученные сорта (Сазонова Л.В., Пивоварова Н.С., Мантрова Э.Г., 1986).

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений включено 248 сортов и гибридов редиса [8].

Урожайность редиса невелика, и изучение биологических особенностей и приемов агротехники выращивания редиса в весенних теплицах применительно к местным условиям очень актуально. Разработка технологии выращивания, позволяющая получать в условиях Ленинградской области высокие и устойчивые урожаи с высокими товарными качествами и рекомендации ее овощеводческим хозяйствам являются целью исследовательской работы.

Цель исследования – сравнительная оценка различных сортов редиса при выращивании в весенних теплицах в условиях Ленинградской области.

Материалы, методы и объекты исследований. Опыт проводился на опытном поле СПбГАУ кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства в 2017 г. в весенней теплице с поликарбонатным покрытием на солнечном обогреве.

Посев редиса проводили в весеннюю теплицу на солнечном обогреве 28 апреля 2017 г. В почву вносились минеральные удобрения из расчёта на 1 м²: аммиачной селитры – 30 г, суперфосфата – 60 г, сульфатного калия – 50 г.

Полевой опыт проводили согласно методике [9]. Метод исследования – лабораторно-полевой. Схема посева: 5 x 5 см. Площадь учетной делянки – 0,5 м². Общая площадь под опытом – 16,5 м².

До появления всходов температуру поддерживали на уровне 15-20°C. Влагообеспеченность редиса обуславливалась регулярными поливами. Рыхление почвы и прополка в междурядьях проводились еженедельно. Уборка редиса производилась 3 июня 2017 г.

Таблица 1. **Варианты опыта**
Table 1. **Experience options**

Сорт	Заявители
Злата	Агрофирма «MORAVOSEED»
Скарлет	Дом Семян
Виола	Selekt
<i>Ранний Красный (контроль)</i>	УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР «ОВОЩНАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ ИМ. В.И.ЭДЕЛЬШТЕЙНА»
Светлячок	Агрофирма «MORAVOSEED»
Тонда Росса	Дом Семян
Французский завтрак	ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА 'РОССИЙСКИЕ СЕМЕНА»
Илка	Фирма «Замен Маузер Кведлинбург»
Фея	ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»
Соренто	ООО «ГЛОБАЛ СИДС»
Заря	Всероссийский НИИ овощеводства

В изучении были использованы следующие сорта: Ранний Красный (контроль), Светлячок, Злата, Виола, Тонда Росса, Заря, Илка, Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет (табл.1).

Результаты исследований. Из представленных результатов (табл. 2) следует, что первые всходы зафиксированы 1 мая у сортов Злата, Заря, Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет, Ранний Красный. Далее 2 мая у сортов Илке, Тонда Росса, Виола, Светлячок. Появление первого настоящего листа было отмечено 3 мая у сортов Злата, Заря, Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет, Ранний Красный. После у сортов Илка, Тонда Росса, Виола, Светлячок – 4 мая. Третий настоящий лист появился первым у сорта Заря, затем у сортов Злата, Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет, Ранний Красный – 12 мая. Далее появился

третий настоящий лист у сортов Илка, Тонда Росса, Виола, Светлячок – 13 мая. Линька корнеплодов у всех сортов произошла 19 мая. Смыкание рядков наблюдалось с 20 мая (Злата, Заря) по 21 мая (Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет, Ранний Красный) и 22 мая – у сортов Илка, Тонда Росса, Виола, Светлячок. Начало формирования корнеплодов зафиксировано раньше всего у сортов Ранний Красный, Злата – 22 мая. Затем с 23 по 25 мая у сортов Заря, Фея, Соренто, Французский завтрак, Скарлет. Позднее всего, с 26 по 27 мая, формирование корнеплода было отмечена у сортов Светлячок, Виола, Тонда Росса, Илка.

Таблица 2. Результаты фенологических наблюдений сортов редиса
 Table 2. Results of phenological observations of radish varieties

Варианты опыта	Дата					
	всходы	появление 1 листа	появление 3 листа	линька корнеплода	начало формирования корнеплода	уборка корнеплодов
Злата	1.05	3.05	12.05	19.05	22.05	3.06
Скарлет	1.05	3.05	12.05	19.05	25.05	3.06
Виола	2.05	4.05	13.05	19.05	27.05	3.06
<i>Ранний Красный (контроль)</i>	1.05	3.05	12.05	19.05	22.05	3.06
Светлячок	2.05	4.05	13.05	19.05	26.05	3.06
Тонда Росса	2.05	4.05	13.05	19.05	26.05	3.06
Французский завтрак	1.05	3.05	12.05	19.05	24.05	3.06
Илка	2.05	4.05	13.05	19.05	27.05	3.06
Фея	1.05	3.05	12.05	19.05	23.05	3.06
Соренто	1.05	3.05	12.05	19.05	25.05	3.06
Заря	1.05	3.05	12.05	19.05	24.05	3.06

Таблица 3. Биометрические показатели различных сортов редиса перед уборкой
 Table 3. Biometric indicators of different radish varieties before harvesting

Варианты опыта	Общая масса растения, г	Масса корнеплода, г	Масса листьев, г	Высота розетки листьев, см	Количество листьев, шт.
Злата	26,1	17,1	9,0	22,8	6
Скарлет	33,2	13,7	19,5	21,3	6
Виола	23,1	15,7	7,4	20,0	5
<i>Ранний Красный (контроль)</i>	17,9	10,0	7,8	21,6	6
Светлячок	19,5	8,2	11,3	20,8	5
Тонда Росса	16,6	8,7	7,9	22,3	5
Французский завтрак	13,8	7,7	6,2	22,0	5
Илка	18,9	8,0	10,9	21,0	6
Фея	30,3	18,3	12,0	23,0	6
Соренто	12,9	4,8	8,1	20,6	5
Заря	24,9	11,6	13,3	19	5

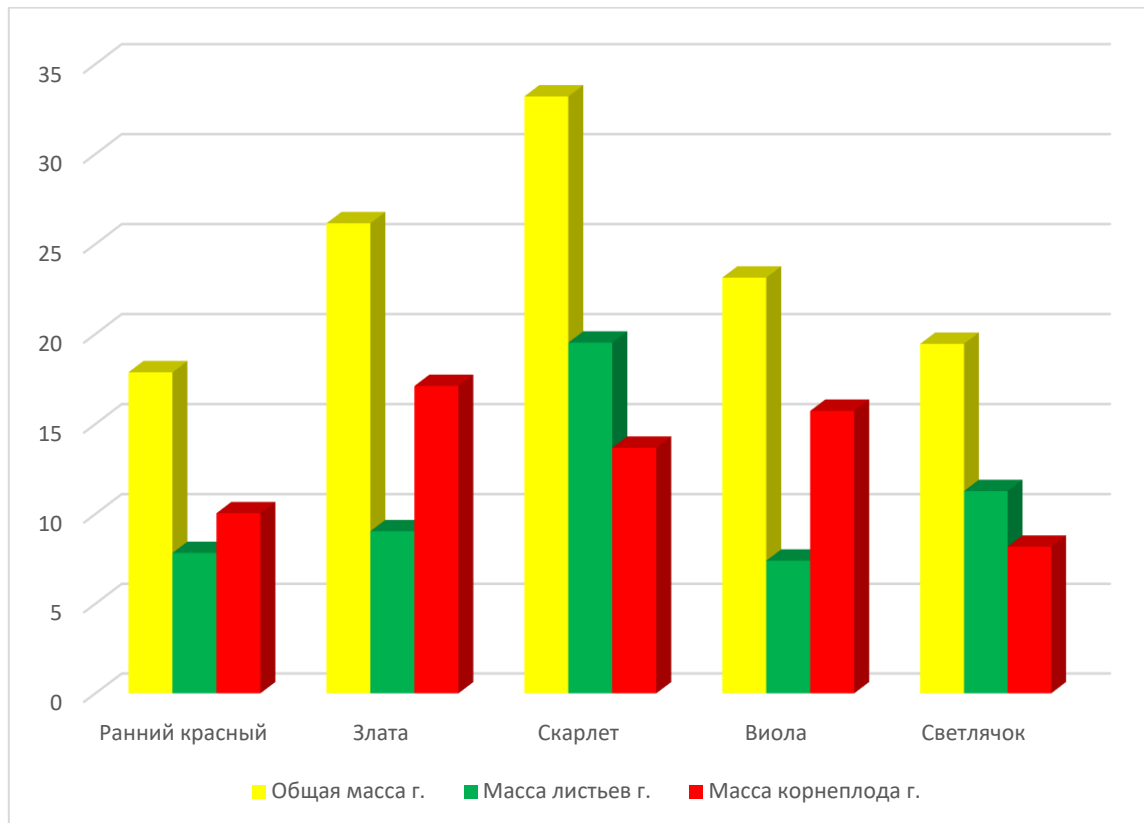


Рисунок 1. Биометрические показатели различных сортов редиса
 Figure 1. Biometric indicators of different radish varieties

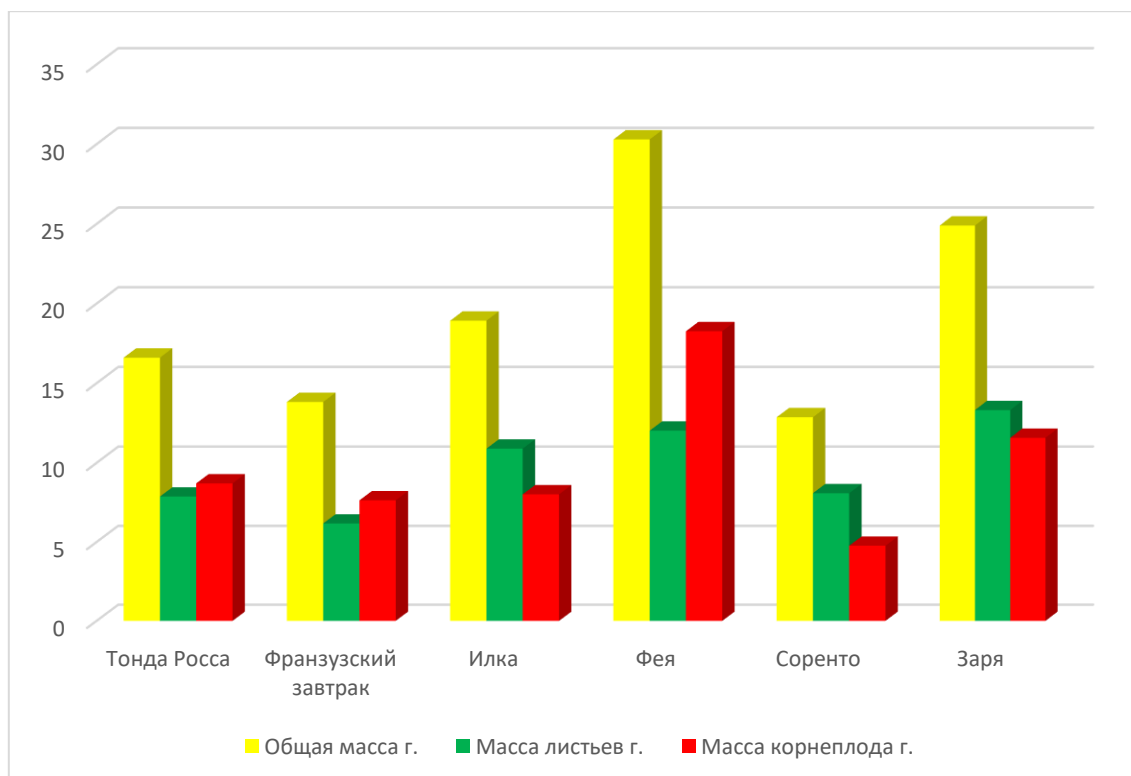


Рисунок 2. Биометрические показатели различных сортов редиса
 Figure 2. Biometric indicators of different radish varieties

В период биометрических измерений различных сортов редиса, результаты которых приведены в таблице 3, было выявлено, что к моменту уборки корнеплодов редиса высота розетки листьев растений составила 19 – 23 см, более сдержанный темп роста розетки листьев имел сорт Заря – 19 см, а наиболее интенсивный рост листового аппарата был зафиксирован у сорта Фея – 23 см.

Количество листьев у сортов редиса составило от 5 до 6 шт. Менее облиственными были сорта Виола, Светлячок, Тонда Росса, Французский завтрак, Соренто и Заря, а остальные сорта имели более мощную розетку листьев (табл. 3).

Самые мелкие корнеплоды сформировались у сорта Соренто – 4,8 г, Французский завтрак – 7,7 г, Илка – 8,0 г, а самые крупные корнеплоды у сорта Фея – 18,3 г, Злата – 17,1 г и Виола – 15,7 г (рис. 1, 2).

После получения данных о массе корнеплода была подсчитана урожайность, представленная в таблице 4. Проанализировав её, можно сделать следующие выводы:

Урожайность сортов редиса в данном опыте варьирует от 1,49 кг/м² до 6,03 кг/м².

Наиболее урожайные сорта: Фея – 6,03 кг/м², Злата – 5,33 кг/м², Виола – 4,56 кг/м², Скарлет – 4,66 кг/м², Заря – 3,48 кг/м². Менее урожайные сорта Соренто – 1,49 кг/м², Французский завтрак – 2,23 кг/м², Илка – 2,24 кг/м², Светлячок – 2,46 кг/м², Тонда Росса – 2,78 кг/м², Ранний Красный – 2,8 кг/м² (контрольный образец).

Таблица 4. Урожайность по вариантам опыта
 Table 4. Yield by experiment options

Варианты опыта	Урожайность, кг/м ²	Количество растений на 1 м ²	Прибавка к контролю, %
Злата	5,33	310	190
Скарлет	4,66	340	166
Виола	4,56	290	162
<i>Ранний Красный (контроль)</i>	2,8	280	100
Светлячок	2,46	300	88
Тонда Росса	2,78	320	99
Французский завтрак	2,23	290	79
Илка	2,24	280	80
Фея	6,03	330	215
Соренто	1,49	310	53
Заря	3,48	300	124

НСР_{0,95} = 0,182 кг/м²

Редис – ценный источник важнейших минеральных элементов. Целебные свойства корнеплодов обусловлены содержанием гликозидов, фитонцидов, специфических белковых веществ, например, лизоцима, обладающих бактерицидными свойствами [10].

Включение в рацион питания овощей, богатых биологически активными веществами и антиоксидантами, – наилучший способ восполнения дефицита веществ, необходимых человеку.

Биохимический анализ корнеплодов редиса, проведенный в лаборатории СПбГАУ, показал, что содержание сухого вещества в зависимости от сорта колеблется в пределах 4,08% – 5,40%, но самый высокий показатель сухого вещества зафиксирован у сорта Виола – 5,40%, а самый низкий у сорта Французский завтрак – 4,08%, (табл. 5).

Разница в содержании общего сахара по сравнению с контролем составила 0,1% – 0,6%. Более сахаристыми были корнеплоды сортов: Виола – 3,43%, Скарлет – 3,25%, Фея – 3,25%.

По содержанию аскорбиновой кислоты самые низкие показатели имели сорта: Виола – 3,2 мг/100г, Соренто – 3,2 мг/100г. Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено у сортов: Светлячок – 3,9 мг/100г, Фея – 3,7 мг/100 г.

По содержанию нитратов самые низкие показатели отмечены у сорта: Виола – 764 мг/кг, Французский завтрак – 1157 мг/кг. Наибольшее содержание нитратов было зафиксировано у сорта: Тонда Росса – 2650 мг/кг, Светлячок – 2417 мг/кг. ПДК по корнеплодам редиса – 1500 мг\кг сырой массы, этот показатель значительно превышен у сортов Тонда Росса и Светлячок.

Таблица 5. Биохимический состав корнеплодов редиса
 Table 5. Biochemical composition of radish root crops

Варианты опыта	Содержание сухого вещества %	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	Содержание суммы сахаров %	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100г
Злата	4,89	1211	2,72	3,40
Скарлет	4,31	1359	3,25	3,60
Виола	5,40	764	3,43	3,20
<i>Ранний Красный (контроль)</i>	4,63	1359	2,89	3,70
Светлячок	4,74	2417	2,99	3,90
Тонда росса	4,23	2650	2,71	3,60
Французский завтрак	4,08	1157	2,89	3,80
Илка	4,53	1359	2,99	3,40
Фея	5,04	1359	3,25	3,70
Соренто	4,49	1751	2,89	3,20
Заря	4,49	1211	3,16	3,60

ПДК по корнеплодам редиса 1500 мг\кг сырой массы

Выводы. В результате проведённой экспериментальной работы можно сделать следующие выводы:

1. Из 11 изученных сортов по продуктивности выделился сорт Фея, обеспечивший урожайность 6,03 кг/м², что выше контроля на 3,23 кг/м².

2. По биометрическим показателям максимальной массой как растений, так и корнеплодов выделился сорт Фея – 30,3 г и 18,3 г соответственно.

3. По биохимическому составу корнеплодов лидирующие позиции по содержанию витамина С у сорта Светлячок – 3,9 мг/100 г и сорта Фея – 3,7 мг/100 г, а по накоплению сахаров: Виола – 3,43%, Скарлет – 3,25%, Фея – 3,25%.

4. Испытуемые сорта резко отличались по накоплению нитратов: низкие показатели получены у сортов Виола – 764 мг/кг и Французский завтрак – 1157 мг/кг, а высокие: Тонда Росса – 2650 мг/кг и Светлячок – 2417 мг/кг.

Список источников литературы

1. Овощеводство: Учебное пособие / Под ред. В. П. Котова, Н. А. Адрицкой. – СПб: Издательство «Лань», 2020. – 496 с.
2. Красочкин В.Т., Сечкарев Б.И., Сысцова М.В., Шебалина М.А. Столовые корнеплоды; под ред. канд. с.-х. наук В.Т. Красочкина. – Москва; Ленинград: Сельхозгиз, 1955. – 124 с.
3. Hiroshi Yamagishi and Toru Terachi/ Multiple origins of cultivated radishes as evidenced by a comparison of the structural variations in mitochondrial DNA of Raphanus. II Genome vol. 46 – 2003. – p. 89-94.
4. Пуць Н.М., Сергеева Л.С., Улимбашев А.М. Овощеводство. Технология круглогодичного выращивания пряно-вкусовых и зелёных овощных культур. – СПб.: СПбГАУ, 2019 – 32с.

5. Лубнин В.Ф., Юсупов А.М. Редис в плёночных теплицах. – Иркутск: СИФИБР, 1988. – 203 с.
6. Nieuwhof N., Cytoplasmic-genetic male sterility in radish {*Raphanus sativus* L.J. Identification of maintainers, inheritance of male sterility and effect of environmental factors.//*Euphytica* – v. 47. – № 2 – 1990. – p. 171-177.
7. Селиванова М.В, Барабаш И.П, Романенко Е.С. Есаулко Н.А. и др. Учебный практикум по дисциплине «Овощеводство защищенного грунта». – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2014. – 80 с.
8. [Электронный ресурс]. – URL: <http://reestr.gossort.com> (дата обращения: 07.04.2020)
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М., 2012. – 352 с.
10. Zhou C.J., Zhang Y.L., Studies on several properties of radish male-sterility // *Acta horticulturae sinica*, v.21(1): 1994.- p. 65-70.

References

1. Ed. Kotova V.P., Adritskaya N.A (2020). *Vegetable growing: textbook /*. - Publishing House "Lan", St. Petersburg: - 496 p.
2. Krasochkin V.T., Sechkarev B.I., Syskova M.V., Shebalina M.A. (1955), *Table root crops*, ed. Cand. s.-kh. Sciences Krasochkin V.T. Selkhozgiz, Moscow, Leningrad, 124 p.
3. Hiroshi Yamagishi and Toru Terachi. (2003), *Multiple origins of cultivated radishes as evidenced by a comparison of the structural variations in mitochondrial DNA of Raphanus. II Genome*, vol. 46, p. 89-94.
4. Putz N.M., Sergeeva L.S., Ulimbashev A.M. (2019), *Vegetable growing. Technology of year-round cultivation of spicy-flavoring and green vegetable crops*, SPb., SPbGAU, 32p.
5. Lubnin V.F., Yusupov A.M. (1988), *Radish in film greenhouses*. SIFIBER, Irkutsk, 203 s
6. Nieuwhof N., (1990), *Cytoplasmic-genetic male sterility in radish {Raphanus sativus L.J. Identification of maintainers, inheritance of male sterility and effect of environmental factors*, *Euphytica*- v. 47-№ 2, p. 171—177.
7. M.V. Selivanova, I.P. Barabash, E.S. Romanenko, N.A. Esaulko, V.I. Zhabina, O.A. Gurskaya, E.A. Sosyura, A.F. Nudnova, A.I. Chernov, A.A. Yukhnova. (2014), *Training workshop on the discipline "Protected ground vegetable growing"*, Stavropol publishing house "Paragraph", Stavropol, 80 p.
8. [Electronic resource]. – URL: <http://reestr.gossort.com>
9. Dospekhov B.A. (2012), *Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)*, B.A. Dospekhov – Moscow, Russia.: - 352 p.
10. Zhou C.J., Zhang Y.L., (1994), *Studies on several properties of radish male-sterility*, *Acta horticulturae sinica*, v.21(1): p. 65-70.

Сведения об авторах

Улимбашев Азрет Муазинович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 4293-7475.

Information about the authors

Azret M. Ulimbashev – Candidate of Agricultural Sciences, Docent of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 4293-7475.

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. 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 03.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 18.05.2021 г.; принята к публикации 23.05.2021 г.

The article was submitted 03.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted after publication 23.05.2021.

Научная статья

УДК 635.144

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-38-45

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ПАСТЕРНАКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

Наталья Анатольевна Адрицкая¹, Инна Георгиевна Костко²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; natali.adritska@mail.ru; <http://orcid.org/0000-00023-3252-2340>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; kostko55@mail.ru @mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2656-9487>

Реферат. Пастернак – овощное растение семейства сельдерейных, является малораспространенной корнеплодной культурой и практически не встречается в хозяйствах Северо-Западного региона. Однако, начиная со средних веков и до XVIII века, он являлся основной овощной культурой и позднее уступил первенство картофелю и моркови. Пастернак обладает ценными хозяйственно-биологическими особенностями, универсальностью использования и высокой пищевой ценностью. Его употребляют в пищу в свежем виде, вареным, жареным, тушеным, а также используют для различных видов переработки. Сортимент пастернака ограничен. В 2017-2018 гг. была проведена хозяйственно-биологическая оценка 5 отечественных и зарубежных сортов пастернака: Круглый, Белый аист, Петрик, Кулинар, Хеллен в условиях Ленинградской области. Изучали особенности роста и формирования урожая с последующей товарной обработкой и выделением стандартной части урожая. Корнеплоды изучаемых сортов пастернака подвергали сушке и замораживанию с последующими биохимическими анализами. Биометрические наблюдения, учет урожая и переработку корнеплодов проводили по общепринятым методикам. Изучаемые сорта в опытах показали себя как среднеспелые с вегетационным периодом 127-130 дней. По биометрическим показателям выделились сорта Белый аист и Петрик, которые сформировали мощный ассимиляционный аппарат и крупные корнеплоды – 142-155 г и имели наиболее высокую урожайность, превосходившую контрольный сорт Круглый на 44-59%. Ценность биохимического состава корнеплодов пастернака у изучаемых сортов выражалась повышенным содержанием сухих веществ – 19,0-22,2%, сахаров – 8,5-9,9% и незначительным накоплением нитратов. По содержанию аскорбиновой кислоты пастернак превосходит морковь. Продукты переработки пастернака, изготовленные из всех изучаемых сортов (сушеные и замороженные корнеплоды), характеризовались хорошими органолептическими свойствами. Существенных преимуществ каких-либо сортов при использовании корнеплодов для переработки не проявилось.

Ключевые слова: пастернак, сорта, биометрические характеристики, пищевая ценность, урожайность, переработка

Цитирование. Адрицкая Н.А., Костко И.Г. Хозяйственно-биологическая и технологическая оценка сортов пастернака в условиях Северо-Западного региона// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 38-45. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-38-45

EVALUATION OF SOME PARSNIP VARIETIES IN CONDITIONS OF THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

Natalya A. Adritskaya¹, Inna G. Kostko²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoyeshosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; natali.adritska@mail.ru; <http://orcid.org/0000-00023-3252-2340>

²Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoyeshosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; kostko55@mail.ru @mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2656-9487>

Abstract. Parsnip, a vegetable plant of Apiaceae family is not a common commercial crop and practically is not cultivated at farms in the North-West of Russian Federation. However, from the Middle Ages until the 18th century it was the main vegetable crop and later gave way to potatoes and carrots. Parsnip is characterized by valuable economic and biological properties, versatility of use and many nutritional benefits. Parsnip can be eaten raw, cooked, boiled, fried and can also be processed. The assortment of parsnips is limited. Evaluation of 5 domestic and foreign varieties of parsnip (Krugliy, Bely Aist, Petrik, Kulinar, Hellen) in the conditions of Leningrad region was carried out. The article presents the results of studying some biological features and nutritive properties, crop productivity and commercial quality of parsnip varieties, processed (frozen and dried) parsnip sensory and biochemical characteristics. All studied varieties showed themselves as mid-season ones with a growing season of 127-130 days. According to biometric characteristics, the varieties Bely Aist and Petrik were the best as they formed a powerful assimilation apparatus, large roots (142-155 g) and had the highest yielding ability, exceeding the control variety Krugliy by 44-59%. Parsnip roots are characterized by a high level of dry matter (19,0-22,2%) and sugars (8,5-9,9%) and low nitrates accumulation level. In ascorbic acid content parsnips are significantly superior to carrots. When used for processing all studied varieties showed good sensory properties.

Keywords: parsnips, varieties, nutritive properties, biometric characteristics, yielding ability, processing

Citation. Adritskaya, N.A. and Kostko, I. G. (2021), "Evaluation of some parsnip varieties in conditions of the North-West of the Russian Federation", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no 2, pp. 38-45. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-38-45

Введение. Пастернак значительно менее распространен, чем другие пряные корнеплоды, такие как петрушка и сельдерей. В качестве товарной культуры в настоящее время его выращивают в незначительных объемах, но во многих странах пастернак – это популярное корнеплодное растение на приусадебных участках, и в условиях умеренного климата культивируется по всему миру. В настоящее время пастернак является любимейшим деликатесом в Скандинавских странах, Англии и США и широко используется в детском питании, для приготовления супов, салатов и гарниров.

Пастернак обладает питательной ценностью, его корнеплоды имеют особый сильный приятный аромат и сладковатый морковный вкус (они слаще моркови). Корнеплоды богаты жирами, белками, углеводами, кальцием, калием, фосфором, клетчаткой и эфирными маслами. В них обнаружено большое количество биологически активных соединений, а также веществ, обладающих фунгицидными и бактерицидными свойствами. Благодаря этому, в ряде заболеваний употребление в пищу пастернака может оказывать лечебный эффект [1, 2].

Эти свойства в сочетании с зимостойкостью корнеплодов, благодаря которой они могут перезимовывать в поле, объясняют тот факт, что, начиная со средних веков и до XVIII века, пастернак был основной овощной культурой и только позднее он уступил первенство картофелю и моркови.

Корнеплоды пастернака – это сырье для различных видов переработки: сушки, замораживания, консервирования. Замороженные корнеплоды пастернака могут являться полуфабрикатом для жарки. В некоторых странах выпускается готовое замороженное блюдо – жареный пастернак. Современной формой реализации пастернака в торговой сети будут готовые к использованию, очищенные и нарезанные корнеплоды (пластины, соломка, кубики и др.) в упаковках с модифицированной атмосферой (fresh-cut produce) [3].

Использование пастернака, наряду с другими пряными корнеплодами, предусматривается в рецептурах производства закусочных овощных консервов (овощной икры, фаршированных овощей) [4]. Пастернак в различных видах целесообразно использовать и в других отраслях пищевой промышленности. В частности, было установлено, что добавление порошка пастернака в тесто при выпечке хлеба позволяет получить изделия более высокого качества по органолептическим и физико-химическим показателям [5].

В настоящее время во многих странах наблюдается тенденция к расширению ассортимента возделываемых овощных культур. В этом отношении пастернак, практически не культивируемый в хозяйствах России, безусловно, заслуживает внимания как культура, обладающая многими ценными хозяйственно-биологическими особенностями, универсальностью использования и высокой пищевой ценностью. Сортимент пастернака в России ограничен. Так, в 2020 г. в Госреестре селекционных достижений зарегистрировано 10 сортов пастернака [6]. Селекционная работа с этой культурой продолжается и ее направлением на перспективу является создание сортов, пригодных для промышленных технологий [7].

Климатические условия Северо-Западного региона РФ благоприятны для выращивания пастернака. Это зимостойкое и влаголюбивое растение, оптимальная температура для роста и формирования корнеплодов составляет 15-20⁰С. Возделывание пастернака в условиях Северо-Запада России не требует каких-либо сложных технологий, его агротехника во многом сходна с агротехникой моркови [8].

Цель исследования. Целью настоящей работы явилась хозяйственно-биологическая оценка отечественных и зарубежных сортов пастернака в условиях Ленинградской области. В связи с целью исследований были определены задачи исследований. В них входило изучение особенностей роста различных сортов пастернака, оценка сортов по урожайности и биохимическому составу, а также оценка технологических свойств сортов для целей переработки.

Материалы, методы и объекты исследований. Экспериментальную работу проводили в 2017-2018 гг. в опытном саду кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства и на кафедре технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, а также в биохимической лаборатории СПбГАУ. Объектами для исследования служили пять сортов пастернака, полученные из отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова: Круглый (контроль), Белый аист, Петрик, Кулинар, Хеллен. Изучаемые сорта являются среднеспелыми отечественной селекции, за исключением сорта Петрик (Украина) и сорта Хеллен (Канада).

Исследования включали фенологические и биометрические наблюдения, учет урожая, определение биохимических показателей свежих корнеплодов пастернака, изготовление образцов сушеной и замороженной продукции из корнеплодов различных сортов и оценку их качества. Для характеристики растений перед уборкой урожая измеряли высоту растений, число листьев, площадь ассимиляционной поверхности, длину и диаметр корнеплодов.

Биохимические анализы и переработку корнеплодов проводили сразу же после уборки урожая. Сухое вещество определяли методом высушивания при температуре 105⁰С, сумму сахаров – по Бертрану, аскорбиновую кислоту – по методу Мурри, нитраты – потенциометрическим методом на рН-метре.

При переработке корнеплодов пастернака руководствовались имеющимися технологическими инструкциями и рекомендациями по сушке и замораживанию пряных корнеплодов, а также стандартами на сушеные и быстрозамороженные овощи (ГОСТ 32065-2013 и ГОСТ Р 54683 – 2011).

Для сушки корнеплоды пастернака нарезают кубиками размером 1x1 см и бланшировали при температуре 95⁰С в течение 1 мин. (для предотвращения потемнения). Сушку пастернака проводили в инфракрасно-конвективной сушилке при температуре 45⁰С. Массовая доля влаги в готовой продукции составляла 10-11%. Определение показателей качества сушеного пастернака проводили через 3 мес. после переработки.

Для замораживания корнеплоды нарезали кубиками размером 2x2 см и бланшировали при температуре 95⁰С в течение 2 мин. Замораживание проводили при температуре -24⁰С в условиях естественной конвекции, размещая нарезанные корнеплоды тонким слоем. Готовую продукцию хранили в герметичных полиэтиленовых пакетах при температуре -18⁰С. Биохимические анализы замороженного пастернака проводили через 4 и через 8 мес. после переработки.

Посев проводили в середине мая. Предшественником пастернака служила средняя белокочанная капуста и салат кочанный. Перед посевом семена намачивали в воде в течение суток, затем подсушивали и проводили посев на гребни по схеме 60+10, размещая по два рядка, расстояние между растениями в рядке 8 см. Норма высева семян составляла 5 кг/га.

Уход заключался в рыхлениях с прополкой в рядках и междурядьях, поливах (3-4 раза за вегетацию) и подкормках. Полив осуществляли способом дождевания, после каждого полива проводили рыхление. Подкормку проводили азофоской (N15P10K10) в начале и в период формирования корнеплодов. Подкормка совмещалась с обильным поливом растений. Влажность почвы поддерживали на уровне не ниже 70% НВ.

Уборку осуществляли по всем вариантам опыта одновременно в конце сентября. После уборки корнеплоды подвергали товарной обработке с выделением стандартной части урожая по ГОСТ 32878-2014 – Пастернак корневой свежий (унифицированным со стандартом Европейской экономической комиссии ООН FFV-59:2010).

Корнеплоды пастернака подразделяются на 2 товарных сорта (первый и второй). Ко второму сорту относят корнеплоды с дефектами, не влияющими на качество, сохраняемость и товарный вид продукта (окраски кожицы; неглубокая ржавчина, удаляемая путем обычной чистки; незначительные побитость и повреждения; зарубцевавшиеся трещины, не затрагивающие сердцевины и др.) [9].

Результаты исследований. Фенологические наблюдения и биометрические показатели растений пастернака приведены в таблице 1. Средняя продолжительность периода от всходов до начала формирования корнеплодов колебалась от 26-28 дней (у сортов Круглый, Белый аист, Петрик) до 30-32 дней (у сортов Кулинар и Хеллен). Продолжительность периода формирования корнеплодов в зависимости от сорта составляла 95-101 день и была наименьшей у контрольного сорта Круглый. Общая продолжительность вегетационного периода у изучаемых сортов составляла 127-130 дней, что на 6-9 дней больше по сравнению с контрольным сортом Круглый.

Таблица 1. Показатели особенностей роста растений пастернака
 Table 1. Parsnip plants growth characteristics

Сорт	Продолжительность межфазных периодов, дни			Биометрические показатели растений при уборке		
	всходы – начало формирования корнеплода	формиров. корнеплода	вегетац. период, дни	высота, см	число листьев, шт.	площадь ассимиляц. поверхности, см ²
Круглый	26	95	121	45,0	5	2030
Белый аист	27	100	127	59,3	6	3350
Петрик	28	101	129	60,4	6	3236
Кулинар	32	98	130	44,5	5	2137
Хеллен	30	99	128	42,7	5	2022

Наибольшей высотой растений характеризовались сорта Петрик и Белый аист (соответственно 60,4 и 59,3 см). Высота растений сортов Круглый, Кулинар и Хеллен была существенно меньше и составляла 42,7-45,0 см.

К моменту уборки наибольшее число листьев – 6 шт. сформировалось на одном растении у сортов Белый аист и Петрик. У сортов Круглый, Кулинар и Хеллен к моменту уборки сформировалось 5 листьев. Ассимиляционная поверхность является важнейшей характеристикой фотосинтетического аппарата. В нашем исследовании на момент уборки наибольшая площадь ассимиляционной поверхности была у сортов Белый аист и Петрик (соответственно 3350 и 3236 см²), что на 59-65% больше, чем у контрольного сорта Круглый.

В таблице 2 представлены биометрические показатели корнеплодов и данные урожайности пастернака. Длина и диаметр корнеплода у изучаемых сортов значительно различались, что связано с принадлежностью сортов к различным разновидностям. Среди сортов, принадлежащих к разновидности var. Longa Alef., наибольшую длину имели корнеплоды сорта Белый аист – 29,8 см и Петрик – 26,6 см, а наименьшую длину корнеплоды сорта Кулинар – 19,8 см. Средняя длина корнеплодов сорта Круглый, принадлежащего к разновидности var. Brevis Alef, составляла 15,5 см. Диаметр корнеплода у изучаемых сортов существенно различался. Наибольшим диаметром корнеплода отличались сорта Белый аист и Петрик – 5,5 см и 5,3 см, что обеспечило наибольшую массу корнеплодов у данных сортов с учетом их длины. Масса корнеплода у вышеперечисленных сортов в годы исследований составила, соответственно, 155 г и 142 г. К моменту уборки наименьшая масса корнеплода была у сорта Круглый – 96 г. У иностранного сорта Хеллен отмечали наименьший диаметр корнеплода, но при длине 24,3 см средняя масса корнеплода составляла 101 г.

Таблица 2. Характеристика корнеплодов и урожайность изучаемых сортов пастернака (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 2. Parsnips biometric characteristics and yielding ability (mean 2017-2018)

Сорт	Биометрические показатели корнеплодов			Урожайность		Выход стандартной продукции, %	
	длина, см	диаметр, см	масса, г	т/га	% к контролю	всего	1-го товарного сорта
Круглый	15,5	5,7	96	22,4	100	90,2	80,7
Белый аист	29,8	5,5	155	35,7	159	96,2	85,4
Петрик	26,6	5,3	142	32,4	144	96,1	82,5
Кулинар	19,8	4,9	118	27,0	120	95,8	76,4
Хеллен	24,3	4,5	101	21,8	97	90,7	73,5
НСР ₀₅	2,5	0,4	10,2	2,2		7,1	

Данные продуктивности по сортам за два года наблюдений показали, что самыми урожайными в условиях Северо-Западного региона оказались сорта Петрик – 32,4 т/га и Белый аист – 35,7 т/га, которые превышали по урожайности контрольный сорт Круглый на 44-59%. У Сорта Кулинар урожайность корнеплодов была выше на 20% по сравнению с контролем. Урожайность сорта Хеллен и контрольного сорта Круглый была одинаковой, так как некоторое различие находится в пределах ошибки опыта.

Все сорта характеризовались высоким выходом товарных корнеплодов – более 90% и были преимущественно 1-го товарного сорта. При этом у сортов Кулинар, Белый аист и Петрик этот показатель достигал 95,8-96,2%.

К ценным особенностям биохимического состава корнеплодов пастернака относятся повышенное содержание сухих веществ и сахаров, что подтверждается данными биохимических анализов изучаемых сортов (табл. 3). Значения этих показателей у изучаемых сортов были близкими: содержание сухих веществ составляло 19,0-22,2%, содержание сахаров – 8,5-9,9%. Количество аскорбиновой кислоты изменялось по сортам в пределах 12,5-16,4 мг/100 г, что практически в 2 раза превышает этот показатель для корнеплодов моркови. По нашим данным, корнеплоды пастернака не склонны к накоплению нитратов, их содержание в корнеплодах в годы исследований находилось в пределах 67- 85 мг/кг.

Таблица 3. Биохимические показатели корнеплодов пастернака
 Table 3. Parsnips biochemical characteristics

Сорт	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
Круглый	20,8	9,2	12,5	77
Белый аист	20,5	9,0	15,4	85
Петрик	19,9	8,8	13,9	71
Кулинар	22,2	9,9	16,4	69
Хеллен	19,0	8,5	14,7	67
НСР ₀₅	1,8	1,2	2,0	5

Показатели качества сушеных корнеплодов приведены в таблице 4. Сушеные корнеплоды изучаемых сортов, так же как и свежие корнеплоды, характеризовались близкими значениями суммы сахаров и количества аскорбиновой кислоты. Органолептическая оценка изготовленных образцов не выявила существенных преимуществ каких-либо сортов для производства сушеной продукции. Дегустационные баллы для всех сортов были высокими. Сушеные корнеплоды имели характерный для пастернака приятный сладковатый вкус, хорошо выраженный приятный аромат, привлекательный внешний вид, белый с желтоватым оттенком цвет.

Таблица 4. Биохимические и органолептические показатели сушеных корнеплодов пастернака
 Table 4. Dried parsnips biochemical and sensory characteristics

Сорт	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Органолептическая оценка, баллы		
			вкус	аромат	цвет
Круглый	30,0	15,9	4,6	4,7	4,7
Белый аист	33,6	19,7	4,7	4,6	4,8
Петрик	31,9	18,8	4,7	4,8	4,6
Кулинар	30,2	20,7	4,8	4,7	4,6
Хеллен	32,8	18,2	4,5	4,6	4,8
НСР ₀₅	2,1	2,2	0,3	0,2	0,3

Следует отметить, что ввиду более высокого содержания сухих веществ в корнеплодах пастернака, затраты сырья на их сушку будут меньшими по сравнению с петрушкой и сельдереем. При среднем уровне сухих веществ для каждой из культур, экономия сырья составляет порядка 1,5 т корнеплодов на тонну готовой продукции [10].

Таблица 5. Биохимические и органолептические показатели замороженных корнеплодов пастернака
 Table 5. Frozen parsnips biochemical and sensory characteristics

Сорт	Сумма сахаров, %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г		Органолептическая оценка, баллы		
	через 4 мес.	через 8 мес.	через 4 мес.	через 8 мес.	вкус	аромат	цвет
Круглый	8,0	7,8	8,6	6,8	4,4	4,5	4,7
Белый аист	8,2	7,9	11,5	8,7	4,7	4,4	4,7
Петрик	7,4	7,2	9,4	7,3	4,6	4,7	4,4
Кулинар	8,3	8,2	11,6	9,4	4,7	4,6	4,5
Хеллен	7,5	7,4	10,1	7,8	4,5	4,4	4,6
НСР ₀₅	0,4	0,5	1,6	1,3	0,3	0,3	0,2

Согласно данным, приведенным в таблице 5, корнеплоды изучаемых сортов могут также быть использованы для получения быстрозамороженной продукции, характеризующейся хорошими органолептическими свойствами. Снижение содержания аскорбиновой кислоты в замороженных корнеплодах по сравнению со свежими в значительной степени обусловлено необходимостью предварительного бланширования очищенных и нарезанных корнеплодов.

Выводы:

1. В условиях Ленинградской области изучаемые сорта показали себя как среднеспелые с вегетационным периодом 127-130 дней.
2. Наиболее мощные растения пастернака сформировались у сортов Белый аист и Петрик, имеющие к моменту уборки наибольшую высоту, число и площадь листьев.
3. У сортов Белый аист и Петрик сформировались наиболее крупные корнеплоды со средней массой 142-155 г, что обеспечило получение наибольшей урожайности, которая в среднем за 2 года исследований составила, соответственно, 35,7 т/га и 32,4 т/га.
4. Корнеплоды пастернака изучаемых сортов характеризуются высоким содержанием сухих веществ (19,0-22,2%) и сахаров (8,5-9,9%) и обладают способностью мало накапливать нитраты.
5. Пастернак может выращиваться как для реализации в свежем виде, так и в качестве местного сырья для переработки, например, для сушки и замораживания. Производство сушеной и замороженной продукции из корнеплодов пастернака также позволит частично использовать некондиционную часть урожая.

Список источников литературы

1. Lim T. K. Edible Medicinal and Non Medicinal Plants, Vol. 9 – Modified Stems, Roots, Bulbs. – Springer, 2014. – 898 p.
2. Голубкина Н.А., Федорова М.И., Степанов А.Н., Надежкин С.М. Элементный состав пастернака (*Pastinaca sativa* L.) // Овощи России. – 2014. – № 3(24). – С.18-21.
3. Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce is the ultimate reference book of CA/MA recommendations for selected commodities. – Academic Press, 2020. – 684 p.
4. Костко И.Г. Столовые корнеплоды – ценное местное сырье для переработки // Стратегии и тренды развития науки в современных условиях: Сб. науч. статей. – Уфа: НИЦ НИКА, 2016. – С. 87-90.
5. Алферьева А.А., Емелина Н.А., Невская Е.В. Исследование влияния порошка из пастернака на свойства теста и показатели качества ржано-пшеничного хлеба // Науч. тр. Сев.-Кавказского ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия. – 2019. – Т. 26. – С. 21-25.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 680 с.
7. Федорова М.И., Степанов В.А., Вюртц Т.С. Сорта пастернака селекции ВНИИССОК // Овощи России. – 2017. – № 4 (37) – С. 86-88.
8. Адрицкая Н.А. Агробиологическая оценка сортов пастернака в условиях Ленинградской области // Страницы истории и современные направления исследований. (Факультет плодоовощеводства и декоративного садоводства 1927-2007): сб. к юбилею факультета. – СПб.: СПбГАУ, 2007. – С. 55-58.
9. ГОСТ 32878-2014 (UNECE STANDARD FFV-59:2010). Пастернак корневой свежий. – М.: Стандартинформ, 2015. – 12 с.
10. Киселева Т.Ф. Технология сушки. – Кемерово: КТИПП, 2007. – 117с.

References

1. Lim T. K. (2014), *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants, Vol. 9 – Modified Stems, Roots, Bulbs*, Springer, Netherlands.
2. Golubkina N. A., Fedorova M. I., Stepanov A. N., Nadezhkin S. M. (2014) Elemental composition of parsnip (*Pastinaca sativa* L.), *Vegetables of Russia*, no. 3(24), pp. 18–21. (In Russ.).
3. *Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce is the ultimate reference book of CA/MA recommendations for selected commodities* (2020). –Academic Press.
4. Kostko I. G. (2016), Table root vegetables as valuable local raw material for processing// *Strategies and trends in the development of science in modern conditions*, SIC NIKA, Ufa, pp. 87–90. (In Russ.).
5. Alfer'eva A. A., Emelina N. A., Nevskaya E. V. (2019), Investigation of the influence of parsnip powder on the properties of dough and quality indicators of rye-wheat bread, *Scientific works of North Caucasian horticulture, Viticulture, Winemaking center*, vol. 26, pp. 21–25 (In Russ.).
6. *State Register for Selection Achievements Admitted for Usage. Vol.1 "Plant varieties"* (2020), FGBNU "Rosinformagrotekh", Moscow Russia. (In Russ.).
7. Fedorova M.I., Stepanov V.A., Vurtz T.S.(2017), Parsnip varieties bred at VNISSOK, *Vegetable crops of Russia*, no.4, pp. 86-88. (In Russ.).
8. Adritskaya N. A. (2007), Agrobiological evaluation of parsnip varieties in the Leningrad region, *Pages of history and modern research trends. Faculty of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening. 1927-2007*, SPbGAU, St. Petersburg, pp. 55-58. (In Russ.).
9. *GOST 32878-2014 (UNECE STANDARD FFV-59: 2010). Fresh root parsnip*, Standartinform, Moscow, Russia. (In Russ.).
10. Kiseleva T. F. (2007), *Technologiasushki [Drying technology]*, KTIPP, Kemerovo, Russia.

Сведения об авторах

Адрицкая Наталья Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6947-0877.

Костко Инна Георгиевна – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6612-5534.

Information about the authors

Adritskaya Natalya Anatolyevna – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of Vegetable Growing and Ornamental Gardening department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6947-0877.

Kostko Inna Georgievna – Candidate of Geographic Sciences, associate professor, associate professor of Agricultural Products Storage and Processing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6612-5534.

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 05.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 15.06.2021 г.; принята к публикации 20.06.2021 г.

The article was submitted 05.04.2021; approved after reviewing 15.06.2021; accepted after publication 20.06.2021.

Научная статья

УДК 634.725

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-46-53

**МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ АНТРАКНОЗА КРЫЖОВНИКА
В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Яков Семенович Шапиро¹, Геннадий Парфенович Атрощенко², Ирина Анатольевна Снежко³**¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; hai-ester@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4930-0624>² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; atoschenko-G.P@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8501-6313>³ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; stankys@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1929-7048>

Реферат. В статье представлены данные мониторинга развития антракноза крыжовника в условиях Ленинградской области. Исследования проведены в 2018-2019 гг. в учебно-опытном саду и на кафедре защиты и карантина растений Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Объектами исследований являлись 20 сортов крыжовника различного эколого-географического происхождения: Хиннонмайти Страйн (*Hinnonmati Strain*), Изабелла, Родник, Садко, Белорусский Сахарный, Сеянец Лефора, Ласковый, Командор, Северный Капитан, Розовый, Темно-зеленый Мельникова, Машека, Черносливовый, Балтийский, Русский, Краснославянский, Эридан, Английский Желтый, Челябинский слабошиповатый, Сливовый. Установлено, что наиболее вредоносным заболеванием на сортах крыжовника является антракноз, вызываемый паразитическим грибом *Pseudopeziza ribis* Kleb. (анаморфа *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et Desm.); на всех исследованных сортах распространённость болезни составила 100%. Наиболее устойчивыми к антракнозу на высоком инфекционном фоне оказались сорта: Хиннонмайти Страйн, Изабелла, Родник, Садко, Белорусский Сахарный, Сеянец Лефора, Ласковый, Командор, Северный Капитан, Розовый, Темно-зеленый Мельникова, Машека. Поражение крыжовника антракнозом ведет к деградации фотосинтетического аппарата растения, что служит проявлением вредоносности болезни на биохимическом уровне. Между уровнем полевой устойчивости сорта к антракнозу и интенсивностью споруляции патогена наблюдается тесная зависимость, которая может быть использована для экспресс-оценки селекционного материала крыжовника на устойчивость к антракнозу. Существенное снижение показателей споруляции патогена на высокоустойчивых сортах позволяет сделать вывод, что одним из механизмов резистентности крыжовника к антракнозу служит сопротивляемость растения-хозяина реализации биотического потенциала паразита, которая проявляется в ингибировании его споруляции.

Ключевые слова: мониторинг, крыжовник, антракноз, сорта, устойчивость

Цитирование. Шапиро Я.С., Атрощенко Г.П., Снежко И.А. Мониторинг развития антракноза крыжовника в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 46-53. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-46-53

**MONITORING THE DEVELOPMENT OF GOAT ANTHRACNOSIS
IN THE LENINGRAD REGION****Yakov S. Shapiro¹, Gennady P. Atroschenko², Irina A. Snegko³**¹ Saint- Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint- Petersburg, 196601, Russia; hai-ester@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4930-0624>.² Saint- Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint- Petersburg, 196601, Russia; atoschenko-G.P@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8501-6313>.³ Saint- Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint- Petersburg, 196601, Russia; stankys@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1929-7048>

Abstract. The article presents data on monitoring the development of gooseberry anthracnosis in the Leningrad Region. The research was carried out in 2018-2019. in the educational and experimental garden and at the Department of Plant Protection and Quarantine of St. Petersburg State Agrarian University. The research objects were 20 varieties of gooseberries of various ecological and geographical origin: Hinnonmati Strain, Isabella, Rodnik, Sadko, Belorussian Sugar, Seyanets Lefora, Affectionate, Commander, Northern Captain, Pink, Dark Green Melnikova, It has been found that the most harmful disease on gooseberry varieties is anthracnosis caused by the parasitic fungus *Pseudopeziza ribis* Kleb. (anamorph *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et Desm.); in all the studied varieties, the prevalence of the disease was 100%. The most resistant to anthracnosis against a high infectious background were varieties: Hinnonmaiti Strain, Isabella, Rodnik, Sadko, Belarusian Sugar, Seedling Lefora, Laskovy, Commander, Northern Captain, Pink, Dark Green Melnikova, Masheka. The involvement of gooseberries with anthracnosis leads to the degradation of the plant's photosynthetic apparatus, which serves as a manifestation of the malicious nature of the disease at the biochemical level. There is a close relationship between the level of field resistance of the variety to anthracnosis and the intensity of sporulation of the pathogen, which can be used to quickly evaluate the selection material of gooseberries for anthracnosis resistance. A significant decrease in the sporulation of the pathogen on highly resistant varieties allows to conclude that one of the mechanisms of resistance of the gooseberry to anthracnosis is the resistance of the host plant to the realization of the biotic potential of the parasite, which manifests itself in the inhibition of its sporulation.

Keywords: monitoring, gooseberries, anthracnosis, varieties, stability

Citation. Shapiro, Y.S., Atroshchenko, G.P., Snegko, I.A. (2021), «Monitoring the development of gooseberry anthracnosis in the Leningrad Region», *Izvestia of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol.63, no 2, pp. 46-53. (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-46-53

Введение. Крыжовник наряду с малиной, смородиной и земляникой является одной из основных ягодных культур на Северо-Западе России. Его ценят за скороплодность, долговечность кустов, высокую ежегодную продуктивность, достаточно высокие вкусовые качества плодов и хорошую их транспортабельность [1, 2].

Несмотря на свои достоинства, культура крыжовника не получила достаточно широкого распространения в России. Это связано с трудоемкостью сбора ягод и агротехнического ухода за кустами из-за шиповатости побегов, слабо налаженной промышленной переработки и низкой рыночной цены свежих ягод, а также восприимчивости к грибным болезням [3, 4].

Широко распространенными грибными заболеваниями крыжовника во многих регионах России являются американская мучнистая роса, антракноз, септориоз [5]. Но наиболее вредоносным грибным заболеванием крыжовника на Северо-Западе, существенно ограничивающим продуктивность этой ценной ягодной культуры, является антракноз [6, 7].

Антракноз крыжовника – инфекционная болезнь, вызываемая сумчатым грибом *Pseudopeziza ribis* Kleb. (анаморфа *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et Desm). Это заболевание является причиной раннего опадения листьев крыжовника, которое нарушает формирование почек и накопление в зимующих растениях органических веществ, определяющих их зимостойкость. В случае ежегодного сильного развития болезни значительно снижается продуктивность растений, а также срок эксплуатации насаждений. Комплекс агротехнических мероприятий позволяет сдерживать развитие антракноза, однако в условиях эпифитотии для защиты от болезни приходится прибегать к применению фунгицидов [8, 9,10].

Между тем ягоды крыжовника, как и других ягодных культур, весьма часто находят применение в детском, диетическом и лечебном питании, что предусматривает получение продукции на основе бесpestицидных технологий. Последнее основано в первую очередь на выращивании сортов, сочетающих высокую полевую устойчивость к болезни с приемлемым уровнем урожайности. Поэтому весьма актуальным этапом селекционной работы служит иммунологическая оценка крыжовника относительно антракноза как наиболее вредоносной болезни. Выявление сортов с высокой устойчивостью к антракнозу позволит использовать их

для получения органической продукции. Напротив, выявление высоковосприимчивых к болезни сортов станет основанием для исключения их из сортимента, предназначенного для получения такой продукции.

Цель исследования – оценка устойчивости районированных и перспективных сортов крыжовника к антракнозу для обоснования возможности получения органической продукции, выращенной без применения пестицидов.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования по устойчивости сортов крыжовника к антракнозу в полевых условиях проводили в 2018-2019 гг. в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ).

Посадка сортообразцов крыжовника проведена осенью 2014 г. Размещение сортов последовательное, повторность – 5-кратная, по 1 кусту в каждой. В качестве контроля использовали сорт Краснославянский, районированный по Северо-Западу России. Схема размещения растений – 3 x 1 м.

В процессе исследования, которое проводилось на высоком инфекционном фоне, обусловленном отсутствием обработок фунгицидами, оценивали мониторинг развития болезни на 20 сортах крыжовника различного эколого-географического происхождения: Хиннонмайти Страйн (*Hinnonmati Strain*), Изабелла, Родник, Садко, Белорусский Сахарный, Сеянец Лефора, Ласковый, Командор, Северный Капитан, Розовый, Темно-зеленый Мельникова, Машека, Черносливовый, Балтийский, Русский, Краснославянский, Эридан, Английский Желтый, Челябинский слабошиповатый, Сливовый.

Исследования проводили согласно общепринятой методике по садоводству «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999».

Инфицированные листья крыжовника анализировались в лабораторных условиях кафедры защиты растений и карантина СПбГАУ на содержание фотопигментов с целью оценки вредоносности антракноза на биохимическом уровне. Также оценивали интенсивность споруляции возбудителя болезни с целью установления уровня инфекционной нагрузки на сортах с различным иммунологическим статусом.

Кроме этого, нами проведена оценка интенсивности споруляции конидиальной стадии возбудителя антракноза *Gloeosporium ribis* на растениях разных сортов. С этой целью на коллекции крыжовника была взята репрезентативная выборка инфицированных листьев, из которых цилиндрическим сверлом получали высечки, использовавшиеся для извлечения спор гриба. Подсчет спор в полученной таким способом суспензии проводили в камере Горяева, после чего рассчитывали интенсивность споруляции (количество конидиальных лож и конидий на единицу площади листа).

Результаты исследований. Фитосанитарный мониторинг, проведенный в 2018-2019 гг. на растениях изучаемых сортов крыжовника, выявил две вредоносные микозные пятнистости – антракноз и септориоз. Причем самое большое распространение имел антракноз – около 98,0%.

В июле-августе 2018-2019 гг. наблюдалась теплая и дождливая погода, что способствовало распространению антракноза. Первые симптомы заболевания появились на растениях крыжовника в середине июля. Проведенная оценка устойчивости различных сортов крыжовника к антракнозу показала их различие по этому показателю (табл. 1).

Как следует из данных таблицы 1, среди исследованных образцов иммунные сорта отсутствовали, а распространённость болезни благодаря высокому инфекционному фону в течение всего периода наблюдений составляла 100%. В результате мониторинга развития антракноза мы объединили исследованные сорта в 3 иммунологические группы: высокоустойчивые (средний балл развития болезни 0 – 2,5 по 4-балльной шкале), среднеустойчивые (2,6 – 3,0) и высоковосприимчивые (более 3,0).

Таблица 1. Распределение сортов крыжовника по показателям устойчивости к антракнозу (2018-2019 гг.)
 Table 1. Distribution of gooseberry varieties according to anthracnosis resistance indicators (2018-2019)

Группа устойчивости	Сорт	Средний балл поражения по 4-балльной шкале	Среднее количество опавших листьев по состоянию на первую декаду сентября, %
R (0...2,5)	Хиннонмайти Страйн	1,50 ^a	33,15 ^a
	Изабелла	1,70 ^a	35,16 ^a
	Родник	1,72 ^a	38,25 ^a
	Садко	1,86 ^a	47,86 ^a
	Белорусский Сахарный	2,10 ^b	43,16 ^a
	Сеянец Лефора	2,32 ^b	54,81 ^b
	Ласковый	2,38 ^b	64,17 ^b
	Командор	2,38 ^b	64,40 ^b
	Северный Капитан	2,41 ^b	50,01 ^b
	Розовый	2,42 ^b	64,20 ^b
	Темно-зеленый Мельникова	2,43 ^b	70,13 ^b
	Машека	2,48 ^b	73,29 ^b
R/S (2,6...3,0)	Черносливовый	2,52 ^b	69,32 ^b
	Балтийский	2,53 ^b	67,06 ^b
	Русский	2,74 ^c	83,60 ^c
	Краснославянский (к)	2,82 ^c	82,15 ^c
	Эридан	2,82 ^c	81,36 ^c
	Английский Желтый	2,87 ^c	83,36 ^c
	Челябинский	3,00 ^c	86,60 ^c
S (3,0...3,5)	Сливовый	3,15 ^c	80,40 ^c

* Одинаковыми латинскими буквами отмечены данные, различия между которыми статистически недостоверны

Как показали исследования, внутри этих групп также наблюдались некоторые различия. Так, среди высокоустойчивых образцов сорта Хиннонмайти Страйн, Изабелла, Родник и Садко превосходили по этому признаку сорта Розовый, Темно-зеленый Мельникова, Машека. Различия по данному показателю между сортами внутри 3 выделенных иммунологических групп по годам варьировали, что обусловлено полигенным характером устойчивости крыжовника к антракнозу, уровень которой существенно зависит от абиотических факторов среды. Однако, несмотря на варьирование этого показателя, статистически достоверные различия в интенсивности развития антракноза между контрастными по устойчивости к антракнозу сортами сохранялись в течение всего периода исследований.

Динамика развития антракноза на некоторых исследованных сортах представлена на рисунке 1. Как следует из этих данных, появление первых симптомов и последующее опережающее развитие антракноза наблюдались на высоковосприимчивых сортах Сливовый и Английский Желтый. На высокоустойчивых сортах Изабелла, Хиннонмайти Страйн и Родник болезнь проявилась в более поздние сроки, что, вероятно, обусловлено более длительным инкубационным периодом развития паразита на этих сортах. Наибольшие различия в интенсивности поражения антракнозом наблюдались в течение июля – начала августа и уменьшались к завершению вегетации растений. Аналогичные различия в динамике болезни отмечены и между другими контрастными по устойчивости сортами.

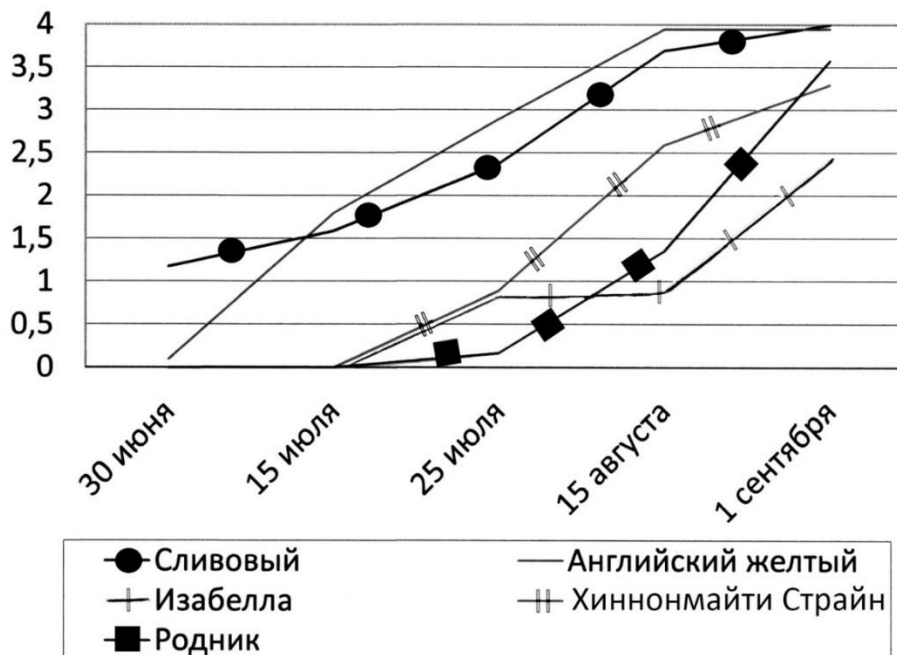


Рисунок 1. Динамика развития антракноза на контрастных по устойчивости сортах крыжовника

* По оси абсцисс даты учетов, по оси ординат развитие болезни в баллах

Figure 1. Dynamics of anthracnosis development on gooseberry varieties contrasting in stability

* On the abscissa axis of the accounting date, on the ordinate axis of the disease development in points

Для оценки вредоносности антракноза на биохимическом уровне нами проведено сравнение содержания фотопигментов (хлорофиллов *a* и *b*, а также каротиноидов) в листьях крыжовника сорта Краснославянский с различной степенью поражения. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Как следует из этих данных, концентрация хлорофилла *a* и хлорофилла *b* в здоровых и слабо пораженных листьях (балл поражения 1,0) существенно выше, чем в листьях с баллом поражения 3,0. Следовательно, концентрация фотопигментов в листьях напрямую зависит от степени поражения растений крыжовника антракнозом. Патологический процесс ведет к снижению интенсивности фотосинтеза, в результате чего пораженные растения раньше заканчивают вегетацию, у них замедляется прирост однолетних побегов, нарушаются процессы формирования почек, снижается содержание органических веществ в зимующих органах. Впоследствии это приводит к снижению зимостойкости, урожайности и сроку эксплуатации насаждений.

Таблица 2. Влияние поражения антракнозом на содержание фотопигментов в листьях крыжовника сорта Краснославянский

Table 2. Effect of anthracnosis lesion on the content of photopigments in the leaves of the Krasnoslavyansky gooseberry

Вариант опыта	Содержание фотопигментов в листьях, мг% сух. в-ва		
	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>	каротиноиды
Контроль (без поражения)	113,5 ^c	191,0 ^c	31,4 ^c
Слабое поражение (балл 1)	101,6 ^d	176,6 ^d	28,2 ^d
Сильное поражение (балл 3)	76,0 ^e	139,0 ^e	26,6 ^e

* Разными латинскими буквами отмечены данные, различия между которыми в пределах варианта опыта статистически достоверны

Нами проведена оценка интенсивности споруляции конидиальной стадии возбудителя антракноза *Gloeosporium ribis* на растениях разных сортов крыжовника (табл. 3).

На основании данных таблицы 3 можно сделать вывод, что между уровнем восприимчивости сорта к антракнозу и интенсивностью споруляции *Gloeosporium ribis* существует тесная положительная корреляция. Значимое снижение показателей споруляции патогена на высокоустойчивых сортах указывает на то, что одним из механизмов резистентности крыжовника к антракнозу служит сопротивляемость растения-хозяина реализации биотического потенциала паразита, которая проявляется в ингибировании его размножения.

Напротив, на высоковосприимчивых сортах возбудитель болезни получает благоприятные возможности для реализации своего биотического потенциала. Следовательно, восприимчивые к антракнозу сорта служат в посадках крыжовника источником формирования высокого инфекционного фона, на котором возникает угроза снижения устойчивости к этой болезни сортами с более высоким иммунологическим статусом.

Таблица 3. Интенсивность споруляции *Gloeosporium ribis* на сортах крыжовника с различной полевой устойчивостью к антракнозу (2019 г.)

Table 3. Intensity of *Gloeosporium ribis* sporulation on gooseberry varieties with different field anthracnosis resistance (2019)

Сорт	Группа полевой устойчивости	Число конидиальных лож на 1 см ² площади листа	Число конидий на 1 см ² площади листа
Изабелла	R	3,6 ^a	552,3 ^a
Садко		5,9 ^a	999,4 ^a
Белорусский Сахарный		11,5 ^b	2603,7 ^b
Краснославянский	R/S	21,7 ^c	5261,2 ^c
Русский		24,4 ^d	7074,7 ^d
Сливовый	S	26,8 ^d	7600,7 ^d

* Одинаковыми латинскими буквами отмечены данные, различия между которыми статистически недостоверны

Выводы:

1. Наиболее вредоносным заболеванием на сортах крыжовника является антракноз, вызываемый паразитическим грибом *Pseudopeziza ribis* Kleb. (анаморфа *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et Desm.); на всех исследованных сортах распространённость болезни составила 100%.

2. Сорта Хиннонмайти Страйн, Изабелла, Родник, Садко, Белорусский Сахарный, Сеянец Лефора, Ласковый, Командор, Северный Капитан, Розовый, Темно-зеленый Мельникова, Машека оказались наиболее устойчивыми к антракнозу среди 20 исследованных образцов крыжовника на высоком инфекционном фоне. Среди них сорта Хиннонмайти Страйн, Изабелла, Родник, Садко проявляли наибольшую устойчивость в течение всего периода наблюдений.

3. Поражение крыжовника антракнозом ведет к деградации фотосинтетического аппарата растения, что служит проявлением вредоносности болезни на биохимическом уровне.

4. Между уровнем полевой устойчивости сорта к антракнозу и интенсивностью споруляции патогена наблюдается тесная зависимость, которая может быть использована для экспресс-оценки селекционного материала крыжовника на устойчивость к антракнозу.

5. Существенное снижение показателей споруляции патогена на высокоустойчивых сортах позволяет сделать вывод, что одним из механизмов резистентности крыжовника к антракнозу служит сопротивляемость растения-хозяина реализации биотического потенциала паразита, которая проявляется в ингибировании его споруляции.

Список источников литературы

1. Фурса Т.Б., Володина Е.В., Майорова В.И. Практическая энциклопедия православного садовода и огородника. – СПб.:Сатисъ, 2004. – С.265-313.
2. Пупкова Н.А. Крыжовник / Плодовые и ягодные культуры. – СПб.:Русская коллекция, 2008. – С. 107-112.
3. Ковешникова Е.Ю. Хозяйственно-биологические и морфологические особенности новых сортов крыжовника селекции ВНИИС им. И.В. Мичурина // Новые сорта садовых культур: их достоинства и экономическая эффективность возделывания: материалы междунар. научн.-практич. конф. ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск-Наукоград РФ. – 2014. – С. 99-103.
4. Волкова К.А., Атрощенко Г.П. Оценка сортов крыжовника для садоводства Северо-Запада России // Знания молодых: наука, практика, инновации: сб. научн. тр. XVII научн.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых Вятской государственной сельскохозяйственной академии. – Киров, 2018. – С. 8-13.
5. Ильин В.С. Крыжовник. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 2007. – 280 с.
6. Шведов В.А. Фитосанитарный мониторинг основных патогенов рода *Ribes* в Северо-Западном регионе РФ // Проблемы сельскохозяйственной вирусологии РАСХН. – СПб.:ВИЗР, 2006. – С. 95-97.
7. Шапиро Я.С., Зайцева Ю.В., Билищук Е.Е. Иммунологическая оценка ягодных культур относительно микозных пятнистостей // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: сб. научн. тр. СПбГАУ. – СПб., 2017. – С. 82-85.
8. Аладина О.Н. Крыжовник. – М: Никола Пресс., 2007. – 138 с.
9. Даньков В.В., Скрипниченко М.М., Логинова С.Ф. и др. Ягодные культуры. – СПб.:Лань, 2015. – С. 69-76.
10. Rath, N. Progress in gooseberry research. Research News. – 2008. – Vol.5. – Pp. 100-107.

References

1. Fursa, T.B., Volodina, E.V. Maiorova, V.I. (2004), *Prakticheskaya enciklopediya pravoslavnogo sadovoda i ogorodnika*. [Practical Encyclopedia Orthodox gardener and gardener], Petersburg, Russia, pp. 265-313.
2. Pupkova, N.A. (2008), *Krijovnik, Plodovie i yagodnie kulturi*. [Gooseberry/Fruit and berry crops], Petersburg, Russia, pp. 107-112.
3. Koveshnikova, E.YU. (2014), Economic-biological and morphological features new varieties of gooseberries breeding VNIIS named after I.V. Michurina. *Novye sorta sadovyh kul'tur: ih dostoinstva i ekonomicheskaya effektivnost' vozdelevaniya: materialy mezhdunar. nauchn.-praktich. konf. VNIIS im. I.V. Michurina*, [New varieties of garden crops: their advantages and economic efficiency of cultivation: materials o international scientific and practical conf. VNIIS named after I.V. Michurina], Michurinsk, Russia, pp. 99-103.
4. Volkova, K.A., Atroshchenko, G.P. (2018), Assessment of gooseberry varieties for horticulture North Western Russia. *Znaniya molodyh: nauka, praktika, innovacii: sb. nauchn. tr. XVII nauchn.-prakt. konf. aspirantov i molodyh uchenyh Vyatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. [Knowledge of the young: science, practice, innovation: sb. scientifically. tr. XVII scientific and practical confession of graduate students and young scientists of the Vyatka State agricultural academy.], Kirov, Russia, pp. 8-13.
5. Il'in, V.S. (2007), *Kryzhovnik*. [Gooseberry], Chelyabinsk, Russia.
6. SHvedov, V.A. (2006), *Problemy sel'skohozyajstvennoj virusologii RASKHN*. [Phytosanitary monitoring of major pathogens of the genus *Ribes* in Severo-Western region of the Russian Federation], Petersburg, Russia, pp. 95-97.
7. Shapiro, YA.S., Zajceva, YU.V., Bilishchuk, E.E. (2017), Immunological evaluation of berries cultures relative to mycosis spots. *Rol' molodyh uchenyh v reshenii aktual'nyh zadach APK: sb. nauchn. tr. SPbGAU*. [The role of young scientists in solving current tasks of the agro-industrial complex: a collection of scientific works of SPbGAU.], Petersburg, Russia, pp. 82-85.
8. Aladina, O.N. (2007), *Kryzhovnik*. [Gooseberry], Russia.

9. Dan'kov, V.V., Skripnichenko, M.M., Loginova, S.F. i dr. (2015), *YAgodnye kul'tury*. [Berry crops.], Petersburg, Russia, pp. 69-76.
10. Rath, N. Progress in gooseberry research. *Research News*. – 2008. – Vol.5. – Pp. 100-107.

Сведения об авторах

Шапиро Яков Семенович – кандидат биологических наук, доцент кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7830-7036.

Атрошенко Геннадий Парфенович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2888-0642.

Снежко Ирина Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая опытным садом учебно-опытного поля, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6526-0559.

Information about the authors

Yakov S. Shapiro – Ph. D. in Biological Sciences, associate professor, department of plant protection and quarantine, Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 7830-7036.

Gennady P. Atroschenko – Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of fruit and horticulture, Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «St. Petersburg state agrarian university», spin-code: 2888-0642.

Irina A. Snegko – Ph. D. in Agricultural Sciences, head of an experienced garden training and experimental field, Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «St. Petersburg state agrarian university», spin-code: 6526-0559.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 17.05.2021 г.; принята к публикации 22.05.2021 г.

The article was submitted 06.04.2021; approved after reviewing 17.05.2021; accepted after publication 22.05.2021.

Научная статья

УДК 634.721:631.520

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-54-62

**ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ
СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ И ОТБОРНЫХ ФОРМ СЕЛЕКЦИИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ССС В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА****Елена Михайловна Чеботок**Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, ул. Белинского, д. 112а, Екатеринбург, 620142, Россия;
sadovodnauka@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5942-6178>

Реферат. Исследование направлено на проведение хозяйственно-биологической оценки интродуцированных сортов смородины черной и отборных форм селекции Свердловской селекционной станции садоводства в условиях Среднего Урала. Исследование базируется на методах коллекционного сортоизучения в соответствии с общепринятыми методиками. По результатам наблюдений, по продуктивности выделились сортообразцы: 2-1-010-13, 7-52-00-03, Воевода, 2-2-010-13, 1-3-010-13, 1-4-010-13, 169-1 – 1,53-2,00 кг/куст (50,9 – 66,7 ц/га). По сочетанию хозяйственно-полезных признаков – продуктивность, крупноплодность, десертный вкус выделились сортообразцы: 1-4-010-13, 1-3-010-13, 2-2-010-13, 2-1-010-13. По итогам коллекционного изучения выделены 3 перспективных сеянца, урожайность которых достигала 3,5-4,5 кг/куст: 2-1-010-13 (Добрый Джинн × (Глобус + Добрый Джинн)) – куст среднерослый, раннего срока созревания, ягоды крупные до 3,0 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу; 2-3-010-13 (Добрый Джинн × (Глобус + Добрый Джинн)) – куст слаборослый, раннего срока созревания, ягоды крупные – до 3,0 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу; 1-4-010-13 (Валовая × Добрый Джинн) – куст среднерослый, раннего срока созревания, ягоды – до 2,5 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу. За период коллекционного сортоизучения сортообразцов селекции Свердловской ССС в данном опыте были внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, сорта: Фортуна (2015 г.), Шаман (2018 г.), Удалец (2019 г.), Вымпел (2020 г.) по Волго-Вятскому региону и сорт Пилот (2021 г.) по Уральскому региону; в Государственное сортоиспытание передан сорт Доброхот (2019 г.).

Ключевые слова: сортообразцы, сортоизучение, хозяйственно-ценные признаки, фенология, скороплодность

Цитирование. Чеботок Е.М. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов и отборных форм селекции Свердловской ССС в условиях Среднего Урала // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 54-62. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-54-62

Финансирование. Исследования выполнены в рамках Государственного задания по направлению 150 Программы ФНИ государственных академий наук на 2021–2030 гг.

**ECONOMIC AND BIOLOGICAL ESTIMATION OF INTRODUCED VARIETIES
OF BLACK CURRANT AND SELECTED FORMS OF BREEDING SVERDLOVSK BSH
IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS****Elena M. Chebotok**Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science,
Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, 620142, Russia; sadovodnauka@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5942-6178>

Abstract. The research is aimed at carrying out an economic and biological assessment of the introduced varieties of black currant and selected breeding forms of Sverdlovsk Breeding Station of

Horticulture (BSH) in the conditions of the Middle Urals. The research is based on methods of collection variety study in accordance with generally accepted methods. According to the results of observations, the following varieties were distinguished in terms of productivity: 2-1-010-13, 7-52-00-03, Voevoda, 2-2-010-13, 1-3-010-13, 1-4-010-13, 169-1 - 1.53-2.00 kg/bush (50.9- 66.7 c/ha). According to the combination of economically useful characteristics - productivity, large-fruited, dessert taste, the following varieties were distinguished: 1-4-010-13, 1-3-010-13, 2-2-010-13, 2-1-010-13. Based on the results of the collection study, 3 promising seedlings were identified, the yield of which reached 3.5-4.5 kg/bush: 2-1-010-13 (Dobry Dzhinn × (Globus + Dobry Dzhinn)) - a medium-sized bush, early ripening, large berries up to 3.0 g, dessert taste, resistant to kidney mites; 2-3-010-13 (Dobry Dzhinn × (Globus + Dobry Dzhinn)) - a weak bush, early ripening, large berries up to 3.0 g, dessert taste, resistant to kidney mites; 1-4-010-13 (Valovaya × Dobry Dzhinn) - medium-sized bush, early ripening, berries up to 2.5 g, dessert taste, resistant to kidney mites. During the period of collection variety study of the varieties of the Sverdlovsk BSH in this experiment, the following varieties were entered into the State Register for Selection Achievements Admitted for Usage: Fortuna (2015), Shaman (2018), Udalets (2019), Vympel (2020 d) in the Volga-Vyatka region and the Pilot variety (2021) in the Ural region; the variety Dobrokhot (2019) was transferred to the State variety testing.

Keywords: *variety samples, variety study, economically valuable traits, phenology, early fruiting*

Citation. Chebotok, E.M. (2021), "Economic and biological estimation of introduced varieties of black currant and selected forms of breeding Sverdlovsk BSH in the conditions of the Middle Urals", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 54-62. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-54-62

Financial support. The research was carried out within the framework of the State Task in the direction 150 of the Program FSR of the State Academies of Sciences for 2021-2030.

Введение. Смородина черная – одна из ведущих ягодных культур, выращиваемых в России, в частности на Среднем Урале [1]. Интродукция сортов из других регионов – один из способов пополнения сортимента. Но не всегда сорта, выведенные в других зонах, способны адаптироваться к климатическим условиям Среднего Урала и раскрыть весь свой потенциал по продуктивности [2, 3, 4]. Актуальной остается селекционная работа непосредственно в регионе дальнейшего использования полученных сортов смородины черной [5]. Опыты по сортоизучению дают возможность сравнить между собой интродуцированные и местные сорта и формы различного происхождения, выделить наиболее адаптивные, выдающиеся по хозяйственно-ценным признакам, пригодные для выращивания в зоне Среднего Урала.

Цель исследования – провести хозяйственно-биологическую оценку интродуцированных сортов и отборных форм селекции Свердловской ССС в условиях Среднего Урала.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проведены на Свердловской селекционной станции садоводства – структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», на уникальной научной установке коллекции живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале», г. Екатеринбург.

Объектами исследования служили интродуцированные сортообразцы: селекции ФГБНУ ВНИИСПК (г. Орел) – Загляденье, Кипиана, Чудное мгновение; селекции ФГБНУ ФАНЦА (г. Барнаул) – Геркулес, Забава; селекции Сорокопудова В.Н. – № 169-1; сорта и отборные формы селекции Свердловской селекционной станции садоводства (30 сортообразцов) различного происхождения. Сортоизучение проводилось на протяжении 5 лет, согласно общепринятым методикам [6, 7, 8]. Схема посадки – 1х3 м.

Погодные условия за период исследований в сравнении со среднемноголетними данными представлены на рисунках 1 и 2.

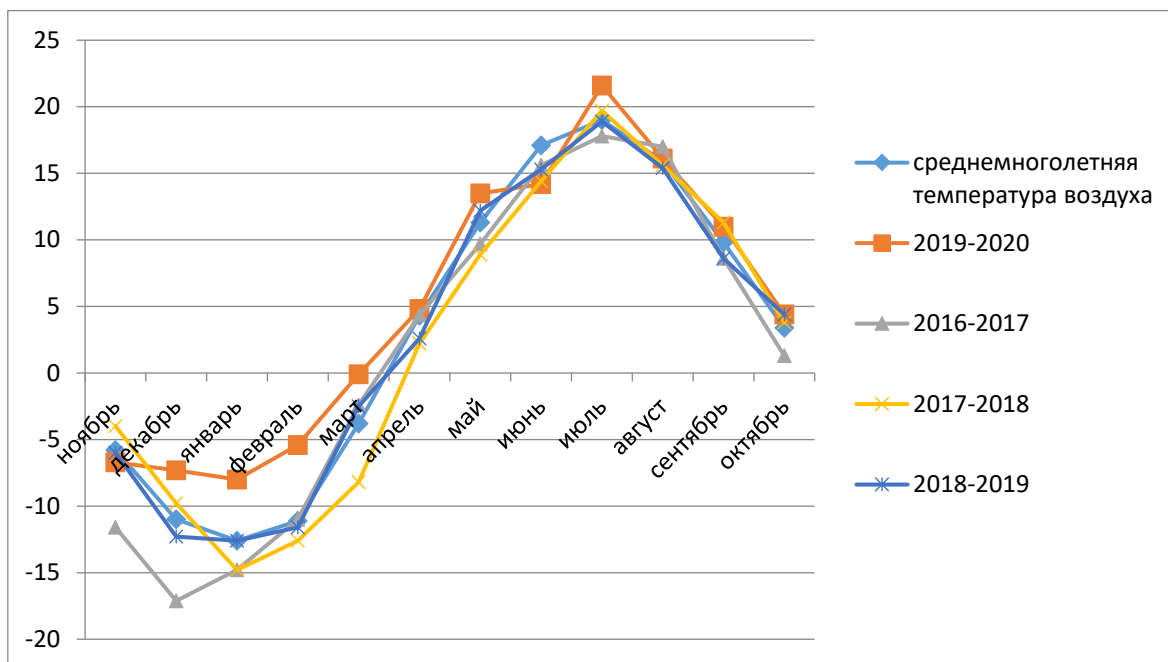


Рисунок 1. Температурный режим перезимовки и вегетационного периода растений, в сравнении со среднеголетними данными

Figure 1. Temperature regime of overwintering and vegetation period of plants, in comparison with the average annual data

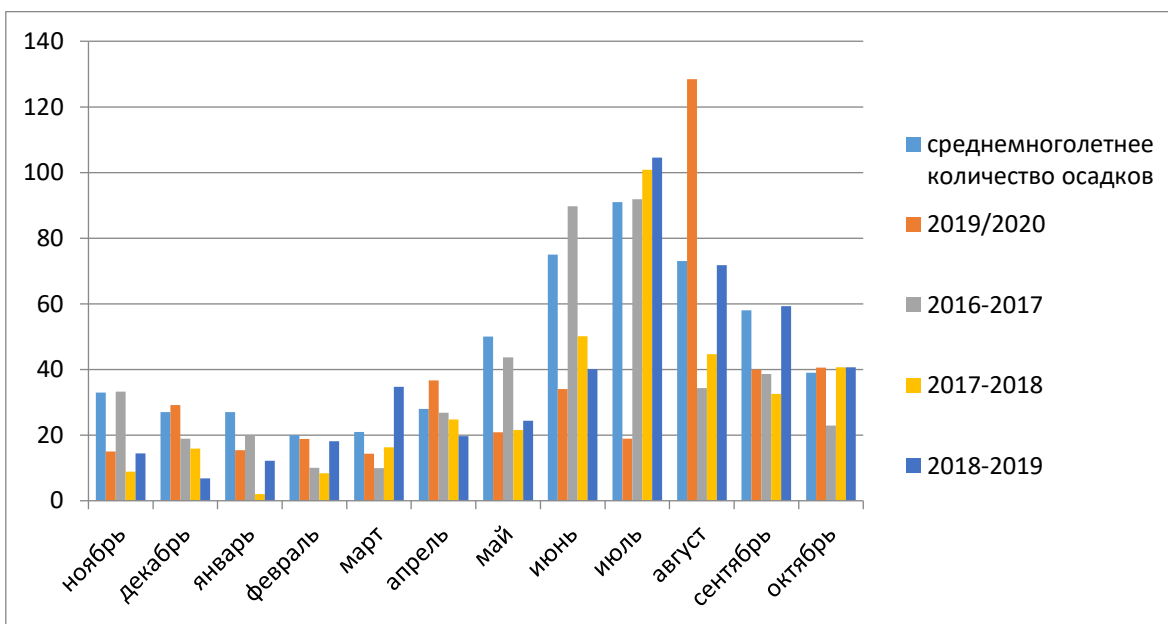


Рисунок 2. Количество осадков за период исследований в сравнении со среднеголетними данными

Figure 2. The amount of precipitation during the study period in comparison with the long-term average data

Результаты исследований. В результате проведенных исследований по фенологии в данном опыте определены пять раноцветущих сортообразцов в условиях Среднего Урала: Забава, Фортуна, 1-3-010-13, 3-2-010-13, 6-44-00-03; четыре поздноцветущих: Геркулес, Славянка, 5-1-010-13, 8-2-010-13; остальные 27 сортообразцов – среднего срока цветения. Выделены пять сортообразцов раннего срока созревания: Забава, 2-1-010-13, 2-4-010-13, 3-1-010-13, 5-1-010-15; четыре позднего срока созревания: Загляденье, Кипиана, Чудное мгновение, Славянка; остальные 27 сортообразцов – среднего срока созревания [9].

В 2016 году проведена оценка скороплодности. Степень цветения выше 3 баллов отмечена у сортообразцов Василиса, Славянка, Фортуна, Пилот, Атаман, Шаман, Воевода, Удалец, Корнет, Доброхот, 7-63-00-03, 7-52-00-03, 6-44-00-03, 6-37-00-03, 8-1-010-13, 3-4-010-13, 3-2-010-13, 2-4-010-13, 1-4-010-13, 1-3-010-13, Чудное мгновение, Геркулес, Забава, 169-1.

В таблице приведены сводные данные за 2017-2020 гг. по урожайности, массе ягод, устойчивости к болезням и вредителям.

В 2017 году проведен первый учет урожайности. Хозяйственно-значимый урожай отмечен у большинства сортообразцов в опыте, наиболее продуктивными оказались: Пилот, 7-52-00-03, Атаман, Удалец, 3-2-010-13, Славянка, Чудное мгновение – 3,2-1,5 кг/куст (50,0 - 106,6 ц/га).

В 2018 году наиболее урожайными были сортообразцы: 1-3-010-13, 1-4-010-13, 3-4-010-13, 3-2-010-13, 3-3-010-13, 7-63-00-03, 169-1 – 1,8-3,5 кг/куст (60,0-116,6 ц/га).

В 2019 году по урожайности выделились: 1-3-010-13, 7-63-00-03, 7-52-00-03, 8-2-010-13, 8-1-010-13, 2-3-010-13 – 1,3-2,5 кг/куст (43,3-83,3 ц/га).

В 2020 году проведен заключительный, четвертый учет урожайности в этом опыте. Наиболее продуктивными были: 2-4-010-13, 8-1-010-13, Шаман, 3-3-010-13, Воевода, 2-3-010-13, 1-4-010-13, 2-2-010-13, 2-1-010-13 и 169-1 – 2,0-4,5 кг/куст (66,7-149,9 ц/га). Это в сочетании с крупноплодностью говорит о засухоустойчивости этих сортообразцов, так как в 2020 году наблюдались экстремально жаркие погодные условия при отсутствии осадков. За четыре года наблюдений по продуктивности выделились: 2-1-010-13, 7-52-00-03, Воевода, 2-2-010-13, 1-3-010-13, 1-4-010-13, 169-1 – 1,53-2,00 кг/куст (50,9 – 66,7 ц/га).

В таблице представлены максимальные значения (потенциал) средней и максимальной массы ягод за годы изучения. Средняя масса у сортообразцов варьировала от 0,8 до 2,0 г, максимальная – от 1,5 до 3,5 г. По методике высокая средняя масса – 1,1-1,5 г – наблюдалась у 21 сортообразца в опыте. Самая высокая средняя масса ягоды за 4 года изучения отмечена у сортообразцов 2-4-010-13 и Шаман – 1,7 г. Самые крупные ягоды (взвешивалось 50 самых крупных ягод) были у сортообразцов: Воевода, Пилот, Удалец, Атаман, Шаман, Фортуна, Доброхот, 3-2-010-13, 1-3-010-13 и других – 3,0 – 3,5 г. У половины сортообразцов в опыте отмечен десертный вкус.

Таблица. Коллекционное изучение сортов черной смородины селекции Свердловской СС в опыте посадки 2014 г.
Table. Collection study of black currant cultivars selected by the Sverdlovsk BSH in the planting experience of 2014

№ п/п	Сортообразец, происхождение	Урожайность, кг/куст				Масса ягоды, средняя /максимальная, г	Вкус ягод	Максимальное поражение растений, балл		Максимальное повреждение почковым клещом, балл
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.			мучнистой росой	пятнистыми листьями	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
1*	1-4-010-13 (Валовая × Добрый Джинн)	1,2	2,5	0,8	3,5	2,00	дес.	0	1,5	0
2*	1-3-010-13 (Валовая × Добрый Джинн)	1,0	3,5	1,7	0,8	1,75	дес.	0	2	1
3*	2-2-010-13 (Добрый Джинн × Глобус + Добрый Джинн)	0,6	1,1	1,1	4,0	1,70	дес.	0	2	2
4*	Воевода (Фортуна -17) (Валовая – св. оп.)	1,0	2,3	0,9	2,5	1,68	к-сл.	0	2	0,5
5*	169-1 (Бредторп х Дружная)	1,0	2,1	0,1	3,5	1,68	дес.	0	2	0,5
6*	7-52-00-03 (Валовая × №147-1/182)	2,1	1,0	1,7	1,6	1,60	к-сл.	0	2	0
7*	2-1-010-13 (Добрый Джинн × Глобус + Добрый Джинн)	0,2	1,1	0,3	4,5	1,53	дес.	0	3	0
8*	7-63-00-03 (Валовая × №147-1/182)	0,3	2,5	2,5	0,6	1,48	дес.	0	2	0
9*	Шаман (3-15-00-03) (Глобус × Валовая)	1,3	1,6	1,0	2,0	1,48	дес.	0	1,5	1,5
10*	3-3-010-13 (Валовая × №147-1/182)	0,7	1,8	0,9	2,5	1,48	дес.	3	3	0,5
11*	2-3-010-13 (Добрый Джинн × Глобус + Добрый Джинн)	0,3	0,3	1,3	3,5	1,35	дес.	1	3	0
12*	Пилот (Фортуна -2) (Валовая – св.оп.)	3,2	1,0	0,6	0,5	1,33	к-сл.	0	1	0,5
13*	Чудное мгновение (Бредторп-свободное опыление) х Самоплодная [10]	2,1	0,7	0,7	1,2	1,18	к-сл.	0	2	0
14	8-2-010-13 (Краса Львова × Добрый Джинн)	0,4	0,6	2,0	1,6	1,15	к-сл.	0	4	0
15	8-1-010-13 (Краса Львова × Добрый Джинн)	0,6	0,5	1,5	2,0	1,15	дес.	0	2	1
16	3-2-010-13 (Валовая × №147-1/182)	1,5	1,8	0,1	1,0	1,10	к-сл.	0	3	1
17	Удалец (9-64-00-03) (Славянка × Валовая)	1,8	1,2	0,8	0	1,00	дес.	0	4	2,5
18	3-4-010-13 (Пилот × №147-1/182)	1,3	1,9	0,2	0,6	1,00	к-сл.	0	3	1
19	Атаман (Фортуна-21) (Валовая – св.оп.)	2,0	0,7	0,3	1,0	1,00	к-сл.	1	3	1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	Заглядене ((27-3-63 × Сундербюн II) × Орловский вальс) [10]	0,7	1,4	0,8	1,1	1,00	1,1-1,5	дес.	0	0,5	4-5
21	Фортуна (Фортуна – 19) (Валовая – св.оп.)	0,9	1,5	0,5	0,8	0,93	1,3-3,0	к-сл.	0	4	0,5
22	Геркулес (Плотнокистная × сеянец от свободного опыления отборной формы сибирского подвита с р. Ильгумень) [10]	0,2	1,2	0,9	1,3	0,90	1,3-2,0	к-сл.	0	2,5	5
23	2-5-010-13 (Добрый Джинн × Глобус + Добрый Джинн)	1,2	0,2	0,8	1,2	0,85	1,2-3,0	дес.	0	3	0
24	5-2-010-13 (Краса Львова × Глобус)	0,2	1,0	1,1	1,0	0,83	1,4-2,5	дес.	0	3	0
25	Доброхот (Фортуна – 10) (Валовая – св.оп.)	0,5	1,1	0,5	1,2	0,83	1,2-3,0	к-сл.	0	2	1
26	6-37-00-03 (Валовая × №147-1/182)	0,8	0,5	1,1	0,8	0,80	0,8-2,0	к-сл.	0	2	1
27	1-1-010-13 (№147-1/182 × Глобус)	0,8	1,2	0,7	0,4	0,78	1,2-2,0	дес.	0	1	3
28	Василиса (Хабаровская × Бредторп)	1,2	0,4	1,0	0,4	0,75	0,9-2,5	к-сл.	0	1	0
29	Славянка (Fertodi × Зеленая дымка)	1,5	0,7	0,3	0	0,63	1,0-2,5	дес.	0	1	2
30	Забавя (Бредторп × (Зоя × Пушистая)) [10]	0,7	1,1	0,1	0,4	0,58	1,2-2,0	дес.	0	2	0,5
31	5-1-010-13 (Краса Львова × Глобус)	0,4	0,5	0,9	0,4	0,55	0,9-2,0	дес.	0	1,5	0
32	2-4-010-13 (Добрый Джинн × Глобус + Добрый Джинн)	0,2	0,5	0,5	2,0	0,55	1,7-3,0	дес.	0	4	0,5
33	Корнет (47-3-94-01) (31-4-а × Аккорд)	0,8	0,2	0,3	0,4	0,43	1,0-2,0	к-сл.	0	1,0	2
34	Кишиана (Экзотика × 762-5-82 (потомок смородины клейкой)) [10]	0	0,3	0,6	0,8	0,43	0,9-2,0	кисл.	0	3	0
35	6-44-00-03 (№147-1/182 × Валовая)	0,6	0,1	0,4	0,5	0,40	1,5-3,0	к-сл.	0	2	5
36	3-1-010-13 (Глобус × №147-1/182)	0,2	0,3	0,5	0,3	0,33	1,0-2,0	дес.	0,5	4	0
	НСР ₀₅					0,12					

* - образцы, которые выделяются по урожайности, существенно выше НСР

* - samples that stand out in terms of yield are significantly higher Least Significant Difference

Также представлены максимальные значения баллов поражения болезнями и вредителями за годы изучения. Так, наибольшее поражение мучнистой росой за годы наблюдений отмечено в 2017 году от 0,5 до 3 баллов (3-3-010-13), всего поразились 4 сортообразца в опыте. Наиболее сильно за период наблюдений, в целом по опытному участку, сортообразцы подверглись поражению пятнистостями листьев в 2018 году. Самый высокий балл поражения за годы изучения отмечен у сортообразцов Удалец, Фортуна, 3-1-010-13, 8-2-010-13, 2-4-010-13 (4 балла).

В жаркий и сухой 2020 год, в целом по опыту, поражение пятнистостями листьев было слабое, но сортообразцы 8-2-010-13, 2-4-010-13 поразились в сильной степени – на 4 балла, сортообразцы 1-1-010-13, Василиса, Пилот, Удалец, Славянка, Шаман в очень слабой степени – до 1 балла, остальные показали промежуточные значения.

В 2017, 2018 гг. зафиксирован эпифитотий ржавчины. Сильное и очень сильное поражение ржавчиной отмечено у сортообразцов: Атаман, Удалец, 3-1-010-13, 3-4-010-13, Загляденье – 4,0-5,0 балла.

Повреждения почковым клещом в 2020 году совпадают с максимальными значениями повреждения за все годы изучения в данном опыте, в связи с ежегодным увеличением инвазионной нагрузки. Самый высокий балл повреждения почковым клещом отмечен у сортообразцов Геркулес, Загляденье, 6-44-00-03 – 5 баллов. Остались без повреждений сортообразцы: Кипиана, Чудное мгновение, 3-1-010-13, 5-1-010-13, Василиса, 2-5-010-13, 5-2-010-13, 8-2-010-13, 2-3-010-13, 7-63-00-03, 7-52-00-03, 2-2-010-13, 1-4-010-13.

Выводы:

1. По результатам наблюдений по продуктивности выделились сортообразцы: 2-1-010-13, 7-52-00-03, Воевода, 2-2-010-13, 1-3-010-13, 1-4-010-13, 169-1 – 1,53-2,00 кг/куст (50,9 – 66,7 ц/га).

2. По сочетанию хозяйственно-полезных признаков – продуктивность, крупноплодность, десертный вкус выделились сортообразцы: 1-4-010-13, 1-3-010-13, 2-2-010-13, 2-1-010-13.

3. По итогам коллекционного изучения выделены 3 перспективных сеянца, урожайность которых достигала 3,5-4,5 кг/куст: 2-1-010-13 (Добрый Джинн х (Глобус + Добрый Джинн) – куст среднерослый, раннего срока созревания, ягоды крупные – до 3,0 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу; 2-3-010-13 (Добрый Джинн х (Глобус + Добрый Джинн) – куст слаборослый, раннего срока созревания, ягоды крупные – до 3,0 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу; 1-4-010-13 (Валовая х Добрый Джинн) – куст среднерослый, раннего срока созревания, ягоды – до 2,5 г, десертного вкуса, устойчив к почковому клещу.

4. За период коллекционного сортоизучения сортообразцов селекции Свердловской ССС в данном опыте были районированы сорта: Фортуна (2015 г.), Шаман (2018 г.), Удалец (2019 г.), Вымпел (2020 г.) по Волго-Вятскому региону и сорт Пилот (2021 г.) по Уральскому региону; в Государственное сортоиспытание передан сорт Доброхот (2019 г.) [11].

Список источников литературы

1. Шагина Т.В. Итоги селекции черной смородины // Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования ГУ СССС. – Екатеринбург, 2005. – С. 166-171.
2. Шагина Тамара Васильевна (материалы к биобиблиографии) / сост. Т.Н. Слепнева, Е.М. Чеботок / Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. – Екатеринбург, 2019. – 40 с.
3. Батманова Е.М. Создание и оценка генофонда смородины черной в условиях Среднего Урала: дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2011. – 185 с.

4. Шагина Т.В. Сорокалетний служебный роман со смородиной // Состояние и перспективы развития северного садоводства: Сборник научных трудов/ ФГБНУ Свердловская СС ВСТИСП. – Екатеринбург, 2016. – С. 146-158.
5. Milošević T., Milošević N. Vegetative Growth, Productivity, Berry Quality Attributes and Leaf Macronutrients Content of Currants as Affected by Species and Cultivars // *Erwerbs-Obstbau* 60, 2018, pp. 53–65. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0339-5>
6. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск, 1973. – 495 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
9. Chebotok E.M. Influence of unstable weather conditions on the passage time of phenological phases of black currant in the Middle Urals // *Agrarian bulletin of the Urals*. 2020. №7. С. 23-28. DOI 10.32417/1997-4868-2020-198-7-23-28
10. Каталог сортов: происхождение и описание сортов смородины черной [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФГБНУ ВНИИСПК. URL: <https://vniispk.ru/varieties> (дата обращения: 10.02.2021).
11. Кодификатор сортов плодовых, ягодных, орехоплодных культур, винограда и субтропических растений, включенных в государственное испытание на 2020 год. – М., 2020.

References

1. Shagina, T.V. (2005), “Black currant breeding results”, *Perspektivy severnogo sadovodstva na sovremennom etape: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu so dnya obrazovaniya GU SSSS* [Prospects of northern gardening at the present stage: materials of the scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the formation of the GA SBSH], Ekaterinburg, Russia, 18-19August 2005, pp. 166-171.
2. Slepneva, T.N. and Chebotok, E.M. (2019), “*Shagina Tamara Vasil'evna (materialy k biobibliografii)*” [Shagina Tamara Vasilyevna (materials for biobibliography)], Sverdlovskaya selektsionnaya stantsiya sadovodstva – strukturnoye podrazdeleniye FGBNU UrFANITS UrO RAN, Ekaterinburg, Russia.
3. Batmanova, E.M. (2011), “Creation and evaluation of the blackcurrant gene pool in the conditions of the Middle Urals”, dissertation ... candidate of agricultural sciences, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia.
4. Shagina, T.V. (2016), “40-year office romance with currants”, *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya severnogo sadovodstva: Sbornik nauchnykh trudov* [State and prospects of development of northern horticulture], Ekaterinburg, Russia, 5-8August 2015, pp. 146-158.
5. Milošević, T., Milošević, N. (2018), Vegetative Growth, Productivity, Berry Quality Attributes and Leaf Macronutrients Content of Currants as Affected by Species and Cultivars. *Erwerbs-Obstbau* 60. pp. 53–65. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0339-5>
6. Sedov, E.N. (ed.) (1999), *The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops*, VNIISPK, Orel, Russia.
7. Lsbanova, G.A. (ed.) (1980), *The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops*, Michurinsk, Russia.
8. Dospekhov, B.A. (1979), *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique], Kolos, Moscow, Russia.
9. Chebotok, E.M. (2020), “Influence of unstable weather conditions on the passage time of phenological phases of black currant in the Middle Urals”, *Agrarian bulletin of the Urals*. №7. pp. 23-28. DOI 10.32417/1997-4868-2020-198-7-23-28
10. The Variety catalog: origin and description of varieties of black currant (2021), FSBSI VNIISPK. Available at: <https://vniispk.ru/varieties> (Accessed 10 February 2021).
11. FSBI State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection (2020), *Codifier of varieties of fruit, berry, nut crops, grapes and subtropical plants included in the state test for 2020*, Moscow, Russia.

Сведения об авторах

Чеботок Елена Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», spin-код: 3868-4846.

Information about the authors

Elena M. Chebotok – candidate of agricultural sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution “Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science”, spin-code: 3868-4846.

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. Authors 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 1.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 29.04.2021 г.; принята к публикации 11.05.2021 г.

The article was submitted 1.04.2021; approved after reviewing 29.04.2021; accepted after publication 11.05.2021.

Научная статья

УДК 632.954: 633.491

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-62-68

БОРЬБА СО ЗЛАКОВЫМИ СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСАДКАХ
КАРТОФЕЛЯ

Андрей Сергеевич Ткач¹, Артем Сергеевич Голубев², Наталья Валентиновна Свирина³

¹Инновационный центр защиты растений, ул. Пушкинская, 20, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; andrew_tka4@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7235-1596>

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; golubev100@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0303-7442>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; n.svirina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3693-5823>

Реферат. На опытных полях в Калужской, Астраханской и Тамбовской областях было проведено исследование по изучению эффективности действия комбинированного гербицида Клегал, МКЭ (130 г/л клетодима + 80 г/л галоксифоп-Р-метила) на злаковые сорные растения в посадках картофеля. Опыты были заложены в четырехкратной повторности на мелких делянках площадью 25 м². Обработки проводили с помощью ручных опрыскивателей. Учеты сорных растений проводили на каждой делянке опыта количественным методом через 30, 45 дней после внесения гербицида и перед уборкой урожая. Биологическую эффективность рассчитывали по отношению к необработанному гербицидами контролю и выражали в процентах (%). Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование изучаемого препарата имеет высокую эффективность в борьбе со злаковыми сорными растениями. По действию на однолетние злаковые сорняки (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.) эффективность 0,4 и 0,8 л/га гербицида Клегал, МКЭ достигала 72,7-100%. В норме применения 0,8 л/га изучаемый препарат снижал количество многолетних злаковых сорняков (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) столь же сильно: на 75,0-91,7%.

Использование изучаемого гербицида не оказало отрицательного действия на растения картофеля сортов Фаворит, Ривьера, Ред Скарлетт, Импала и Невский. Во всех вариантах с внесением гербицида Клегал, МКЭ были зафиксированы прибавки урожая культуры. Максимальные их значения были отмечены в Астраханской области: 5,2 т/га (2019 г.) и 6,3 т/га (2020 г.).

Ключевые слова: сорные растения, гербицид, картофель, клетодим, галоксифоп-Р-метил

Цитирование. Ткач А.С., Голубев А.С., Свирина Н.В. Борьба со злаковыми сорными растениями в посадках картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 62-68. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-62-68

Благодарности. Авторы выражают благодарность всем, кто принимал участие в проведении полевых исследований с гербицидом Клегал, МКЭ: Ш.Б. Байрамбекову, Л.Н. Ульяненко, О.Ю. Новичкову и другим.

CONTROL OF MONOCOTYLEDONOUS WEEDS IN POTATO

Andrei S. Tkach¹, Artem S. Golubev², Natalia V. Svirina³

¹Innovation center for plant protection, Pushkinskaia st., 20, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; andrew_tka4@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7235-1596>

²All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; golubev100@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0303-7442>

³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, 196601, Russia; n.svirina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3693-5823>

Abstract. On the experimental fields of Kaluga, Astrakhan and Tambov regions, a study was carried out of the combined herbicide Klegal (130 g/L of clethodim + 80 g/L of haloxyfop-P-methyl) on the effect on monocotyledonous weeds in potato. The experiments were carried out in four replications on small plots (25 m²). Treatments were using hand sprayers. Weed counts were on each plot by the quantitative method in 30, 45 days after treatments and before harvesting. The results obtained allow us to conclude that the use of the studied herbicide has shown high efficiency in the control of monocotyledonous weeds. By action on annual monocotyledonous weeds (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.), the efficiency of 0,4 and 0,8 l/ha of the herbicide Klegal reached 72,7-100%. At a dose of 0,8 l/ha of the studied herbicide, the decrease in the number of perennial monocotyledonous weeds (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) was just as high and amounted to 75,0-91,7%. The use of herbicide did not have negative effect on potato Favorit, Riviera, Red Scarlett, Impala and Nevsky varieties. In all variants with the application of the herbicide Klegal increases in the crop yield were recorded. Their maximum values were noted in Astrakhan region: 5.2 t / ha (2019) and 6.3 t / ha (2020).

Keywords: weeds, herbicide, potato, clethodim, haloxyfop-P-methyl

Citation. Tkach A.S., Golubev A.S. and Svirina N.V. (2021), "Control of monocotyledonous weeds in potato", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 62-68. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-62-68

Acknowledgments. The authors express their gratitude to everyone who took part in the field research with the herbicide Klegal: Sh.B. Bayrambekov, L.N. Nikolaenko, O.Yu. Novichkov and others.

Введение. Засоренность посадок сорняками является одним из наиболее значимых факторов, лимитирующих получение высокого урожая картофеля (*Solanum tuberosum* L.). Высокой засоренности способствуют широкие междурядья, длительный период от посадки до появления всходов культуры, медленный начальный рост растений картофеля, а также интенсивное использование удобрений [1]. Сорные растения причиняют серьезный ущерб культуре, возникающий в результате ограничения доступа последней к таким факторам роста

и развития, как свет, вода и питательные вещества. Кроме того, сорняки могут затруднять уборку урожая картофеля [2-4].

Кроме многолетних корнеотпрысковых двудольных сорных растений, оказывающих наиболее сильное влияние на картофель, высокой вредоносностью могут обладать и злаковые сорняки. Среди них наиболее известны такие виды, как пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), а также различные виды щетинника (*Setaria spp.*) [5]. Особое внимание заслуживает многолетний сорняк пырей ползучий, который выделяется высокой конкурентоспособностью по отношению к картофелю [6-7].

В производственных условиях борьба с сорными растениями в настоящее время осуществляется, главным образом, за счет использования химических средств защиты растений – гербицидов. Несомненным достоинством химического метода защиты растений является его высокая эффективность и экономичность. В то же время внесение пестицидов способно оказывать неблагоприятное воздействие на нецелевые объекты окружающей среды. В связи с этим происходит постоянное совершенствование ассортимента препаратов, когда взамен старых и высокотоксичных для нецелевых организмов пестицидов на рынке появляются новые малоопасные средства защиты растений.

В настоящий момент ассортимент гербицидов для борьбы со злаковыми сорными растениями включает препараты на основе клетодима, квизалофоп-П-тефурила, флуазифоп-П-бутила, хизалофоп-П-этила и некоторых других действующих веществ [8-11]. Все более широкое распространение при этом получают комбинированные препараты, обладающие комплексным действием на целый спектр вредных объектов. Такие препараты, как правило, имеют расширенный по сравнению с однокомпонентными пестицидами спектр действия. За счет разных механизмов действия они способны предотвращать возникновение резистентных популяций вредных объектов.

Цель исследования – провести в условиях полевых мелкоделяночных опытов оценку эффективности нового комбинированного препарата Клегал, МКЭ против однолетних и многолетних злаковых сорняков в посадках картофеля. Наряду с оценкой биологической эффективности планировалась оценка безопасности использования гербицида для различных сортов картофеля, для чего (кроме визуальных наблюдений за растениями культуры) был выполнен учет урожая.

Материалы, методы и объекты исследований. Гербицид Клегал, МКЭ содержит в своем составе 130 г/л клетодима и 80 г/л галоксифоп-Р-метила и выпускается в форме масляного концентрата эмульсии (МКЭ). Оба действующих вещества препарата ингибируют синтез жирных кислот в злаковых сорных растениях. Они проникают в листья и перемещаются по сосудистой системе к образовательным тканям, поражая точки роста сорняков.

Полевые опыты с гербицидом Клегал, МКЭ были заложены в 2019-2020 гг. в трёх климатических зонах (Калужская, Тамбовская и Астраханская области) в соответствии с общепринятой методикой оценки биологической эффективности [12]. В Калужской области в 2019 году опыт был проведен на посадках картофеля сорта Ред Скарлетт, а в 2020 году – на посадках картофеля сорта Фаворит. В Астраханской области опыты закладывались на сортах Импала (2019 г.) и Ривьера (2020 г.). В Тамбовской области исследования были выполнены на сортах Невский (2019 г.) и Ред Скарлетт (2020 г.).

Обработки осуществлялись в четырехкратной повторности на опытных делянках размером 25 м² путем опрыскивания вегетирующих растений. Расход рабочей жидкости в пересчете на 1 га составлял 300 л. Гербицид Клегал, МКЭ вносили в нормах применения 0,4 и 0,8 л/га с помощью ручных малообъемных опрыскивателей. В качестве контроля использовали участок поля картофеля, свободный от внесения гербицидов.

Учеты сорных растений проводили количественным методом путем подсчета численности сорняков на 4 учетных площадках размером 0,25 м² через 30 и 45 дней после

обработки и перед уборкой урожая. Биологическую эффективность препарата рассчитывали по формуле: $\mathcal{E} = (K-B)/K \cdot 100$, где: \mathcal{E} – биологическая эффективность гербицида (%), K – количество сорняков в контроле (экз./м²), B – количество сорняков в варианте с внесением гербицида (экз./м²).

Наблюдения за ростом и развитием культурных растений проводили в течение всего опыта, осматривая растения на предмет наличия симптомов возможной фитотоксичности гербицида.

Уборку урожая картофеля осуществляли вручную, выкапывая клубни и взвешивая их с каждой делянки опыта. Полученные данные обрабатывали с помощью однофакторного дисперсионного анализа, с расчетом наименьшей существенной разницы (НСР_{0,5}).

Результаты исследований. Данные о действии гербицида Клегал, МКЭ на виды злаковых сорных растений обобщены в таблице 1; данные о хозяйственной эффективности изучаемого препарата представлены в таблице 2.

Таблица 1. Действие препарата Клегал, МКЭ на количество злаковых сорных растений в посадках картофеля
Table 1. The effect of the herbicide Klegal on the amount of monocotyledonous weeds in potato plantings

Области	Годы	Количество сорных растений, экз./м ²								
		0,4 л/га			0,8 л/га			Контроль		
		через 30 дней после обработки	через 45 дней после обработки	перед уборкой	через 30 дней после обработки	через 45 дней после обработки	перед уборкой	через 30 дней после обработки	через 45 дней после обработки	перед уборкой
<i>Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.</i>										
Калужская	2019	2,0	1,0	2,0	0	0	1,0	15,0	14,0	16,0
	2020	6,0	4,0	6,0	3,0	1,0	1,0	26,0	22,0	22,0
Астраханская	2019	19,0	25,0	21,0	-*	-*	-*	115,0	139,0	92,0
	2020	21,0	34,0	31,0	-*	-*	-*	163,0	195,0	147,0
Тамбовская	2019	3,5	4,2	5,5	3,0	3,9	4,8	23,0	24,5	27,0
	2020	3,5	4,2	4,9	2,9	3,2	4,5	25,5	26,8	28,0
<i>Setaria pumila (Poir.) Roem. et Schult.</i>										
Тамбовская	2019	2,6	2,7	3,9	2,3	2,5	3,7	18,0	19,0	21,0
	2020	2,7	2,9	3,6	2,3	2,5	3,2	18,5	19,3	20,0
<i>Elytrigia repens (L.) Nevski</i>										
Калужская	2019	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	11,0	12,0	16,0
	2020	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	6,0	5,0	6,0
Тамбовская	2019	6,7	7,2	8,3	2,6	3,3	4,0	14,0	15,0	16,0
	2020	5,8	6,8	8,2	2,1	2,5	3,5	12,0	13,3	14,8

* В Астраханской области норму 0,8 л/га не использовали ввиду отсутствия устойчивых к гербицидам многолетних злаковых сорных растений

Растения ежовника обыкновенного встречались во всех трех местах проведения опытов. Перед внесением гербицида они находились в фазах от 1-3 листьев до начала кущения. В Калужской и Тамбовской областях исходное количество этих растений не превышало 17 экз./м², а в Астраханской области оно было значительно выше (85 экз./м²).

В необработанном контроле наибольшее количество растений ежовника обыкновенного в период проведения опыта также наблюдалось в Астраханской области – до 139 экз./м² (2019 г.) и 195 экз./м² (2020 г.). В Тамбовской области засоренность контроля в среднем составляла 26 экз./м². В Калужской области количество ежовника обыкновенного в течение учетного периода в 2019 году составляло в среднем 15 экз./м², в 2020 году было незначительно выше – в среднем 23 экз./м² (табл. 1).

Эффективность гербицида Клегал, МКЭ против ежовника обыкновенного во всех регионах была высокой. Делянки, обработанные изучаемым препаратом в норме применения 0,4 л/га, были чище контроля на 72,7-92,9%. Использование 0,8 л/га изучаемого гербицида обеспечивало снижение количества растений этого вида на 82,1-100%.

Растения щетинника сизого (в фазе 2-6 листьев перед проведением обработки) встречались только в Тамбовской области в среднем количестве 22 экз./м². Против данного вида эффективность препарата Клегал, МКЭ была высокой и вне зависимости от нормы применения составляла 81,5-87,8%.

Многолетний злаковый сорняк пырей ползучий (высота растений до проведения опрыскивания 10-15 см) был распространен в двух областях: Калужской и Тамбовской. При этом в Калужской области количество растений этого вида в 2019 году составляло в среднем по датам учетов 9 экз./м², а в 2020 году – 4 экз./м². В Тамбовской области количество растений пырея ползучего в оба года в период проведения опыта находилось на одном уровне и составляло в среднем 12 экз./м².

Действие изучаемого препарата на растения пырея ползучего проявлялось в прямой зависимости от нормы его применения. Наибольшая эффективность была получена в Калужской области при использовании 0,8 л/га препарата – 80,0-91,7%. В Тамбовской области при внесении максимальной нормы изучаемого гербицида эффективность была несколько ниже – 75,0-82,1%. Внесение 0,4 л/га изучаемого препарата оказывало слабое действие на растения пырея ползучего. Например, в Тамбовской области эффективность этой нормы не превышала 52,2%.

Исследования, проведенные в 2019-2020 гг., показали, что использование изучаемого гербицида не оказало отрицательного действия на растения картофеля сортов Фаворит, Ривьера, Ред Скарлетт, Импала и Невский.

Во всех вариантах с препаратом Клегал, МКЭ были отмечены прибавки урожая культуры по сравнению с контролем. Наибольшие значения данного показателя были отмечены в Астраханской области – 5,2 т/га (2019 г.) и 6,3 т/га (2020 г.).

Таблица 2. Урожай картофеля (т/га) при использовании гербицида Клегал, МКЭ (2019-2020 гг.)
 Table 2. Potato yield (t / ha) after herbicide Klegal treatment (2019-2020)

Области	Годы	Сорта	0,4 л/га	0,8 л/га	Контроль	НСР _{0,5}
Калужская	2019	Ред Скарлетт	22,4	22,8	21,4	1,8
	2020	Фаворит	15,8	15,8	14,9	1,1
Астраханская	2019	Импала	34,2	-*	29,0	3,9
	2020	Ривьера	43,1	-*	36,8	4,5
Тамбовская	2019	Невский	15,1	15,3	14,3	0,7
	2020	Ред Скарлетт	16,9	17,1	16,0	0,8

* В Астраханской области норму 0,8 л/га не использовали ввиду отсутствия устойчивых к гербицидам многолетних злаковых сорных растений

Выводы. В нормах применения 0,4 и 0,8 л/га препарат Клегал, МКЭ высокоэффективно снижал численность однолетних злаковых сорняков: ежовника обыкновенного (до 100%) и щетинника сизого (до 87,8%). По действию на пырей ползучий высокая эффективность изучаемого гербицида была выявлена при его внесении в норме 0,8 л/га: в Калужской области – 80,0-91,7%; в Тамбовской области – 75,0-82,1%. Во всех вариантах с использованием препарата Клегал, МКЭ были отмечены прибавки урожая картофеля. Производственное использование гербицида Клегал, МКЭ будет возможно только после его регистрации (по указанным в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации регламентам).

Список источников литературы

1. Pszczółkowski P., Barbaś P., Sawicka B., Krochmal-Marczak B. Biological and agrotechnical aspects of weed control in the cultivation of early potato cultivars under cover // *Agriculture*. – 2020. – №10. – P. 1-18.
2. Середа Г.М. Комбинированные гербициды почвенного действия в посадках картофеля // *Защита растений*. – 2018. – № 42. – С. 38-43.
3. Бирюкова М.В. Эффективность применения гербицидов на посадках картофеля // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. – 2017. – № 19. – С. 82-84.
4. Мисриева Б.У., Цахуева Ф.П., Мисриев А.М. Применение гербицидов на картофеле с учетом таксономического анализа сорной флоры в агроценозах // *Вестник Социально-педагогического института*. – 2014. – № 4. – С. 22-35.
5. Молякко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П. От чего зависит засоренность картофеля // *Защита и карантин растений*. – 2011. – № 1. – С. 30-31.
6. Ivany J.A., Sanderson J.B. Quackgrass (*Elytrigia repens*) control in potatoes (*Solanum tuberosum*) with clethodim // *Phytoprotection*. – 2003. – №1. – P. 27-35.
7. Ringselle B., De Cauwer B., Salonen J., Soukup J. A Review of non-chemical management of couch grass (*Elymus repens*) // *Agronomy*. – 2020. – №10. – P. 1178.
8. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2020.
9. Ткач А.С., Голубев А.С., Свирина Н.В. Действие нового гербицида Артист на однолетние сорные растения в посадках картофеля // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 2(59). – С. 27-32.
10. Wang S., Hou Z., Liang S., Lu Z. Residue behavior and risk assessment of rimsulfuron and quizalofop-p-ethyl in potato under field conditions // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2020. – №105. – P. 602-606.
11. Barbaś P., Sawicka B., Marczak B.K., Pszczółkowski P. Effect of mechanical and herbicide treatments on weed densities and biomass in two potato cultivars // *Agriculture*. – 2020. – №10. – P. 455.
12. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве (под редакцией В.И. Долженко). – СПб: МСХ, РАСХН, ВИЗР, 2013. – 280 с.

References

1. Pszczółkowski, P., Barbaś, P., Sawicka, B., Krochmal-Marczak, B. (2020), "Biological and agrotechnical aspects of weed control in the cultivation of early potato cultivars under cover", *Agriculture*, no. 10, pp. 1-18.
2. Sereda, G.M. (2018), "Combined soil herbicides in potato plantings" *Zashchita rastenij*, no. 42, pp. 38-43. (In Russ.).
3. Biryukova, M.V. (2017), "The effectiveness of the use of herbicides on potato plantings", *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo hoz'yajstva*, no. 19, pp.82-84. (In Russ.).

4. Misrieva, B.U., Cahueva, F.P., Misriev, A.M. (2014), "Application of herbicides on potatoes, taking into account the taxonomic analysis of weed flora in agrocenoses", *Vestnik Social'no-pedagogicheskogo instituta*, no. 4, pp. 22-35. (In Russ.).
5. Molyavko, A.A., Maruhlenko, A.V., Borisova, N.P. (2011), "What determines the contamination of potatoes", *Zashchita i karantin rastenij*, no. 1, pp. 30-31. (In Russ.).
6. Ivany, J.A., Sanderson, J.B. (2003), "Quackgrass (*Elytrigia repens*) control in potatoes (*Solanum tuberosum*) with clethodim", *Phytoprotection*, no. 1, pp. 27-35.
7. Ringselle, B., De Cauwer, B., Salonen, J., Soukup, J. (2020), "A review of non-chemical management of couch grass (*Elymus repens*)", *Agronomy*, no. 10, pp. 1178.
8. *Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimikatov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii* (2020), Moscow, Russia.
9. Tkach, A.S., Golubev, A.S., Svirina, N.V. (2020), "Effect of the new herbicide Artist on annual weeds in potato", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. no. 59, pp. 27-32 (In Russ.).
10. Wang, S., Hou, Z., Liang, S., Lu, Z. (2020), Residue behavior and risk assessment of rimsulfuron and quizalofop-p-ethyl in potato under field conditions // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. no. 105, pp. 602-606.
11. Barbaś, P., Sawicka, B., Marczak, B.K., Pszczołkowski, P. (2020), Effect of mechanical and herbicide treatments on weed densities and biomass in two potato cultivars, *Agriculture*, no. 10, pp. 455.
12. *Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam gerbicidov v sel'skom hozyajstve* (2013) [Methodical guidelines for registration tests of herbicides in agriculture], Dolzhenko, V.I. (ed.), MSKH, RASKHN, VIZR, Saint-Petersburg, Russia. (In Russ.).

Сведения об авторах

Ткач Андрей Сергеевич – младший научный сотрудник, ООО «Инновационный центр защиты растений», spin-код: 7907-6872.

Голубев Артем Сергеевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», spin-код: 5126-2549, Researcher ID: F-7450-2015.

Свирина Наталья Валентиновна – кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8643-5140.

Information about the authors

Andrei S. Tkach – younger scientific employee, ООО "Innovation center for plant protection", spin-code: 7907-6872.

Artem S. Golubev – Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Institute of Plant Protection", spin-code: 5126-2549, Researcher ID: F-7450-2015.

Natalia V. Svirina – Candidate of Biological Sciences, assistant professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 8643-5140.

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 05.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 11.05.2021 г.; принята к публикации 21.05.2021 г.

The article was submitted 05.04.2021; approved after reviewing 11.05.2021; accepted after publication 21.05.2021.

Научная статья

УДК 631.559.2:631.82

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-69-75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕПОСЕВНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ И МОНОИНОКУЛЯЦИИ БИОПРЕПАРАТАМИ НА ВЫСОТУ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Светлана Хазретовна Хуаз¹, Софья Владимировна Кондрат²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; huazsveta@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3112-9133>

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, наб. р. Мойки, д.48, Санкт-Петербург, 191186, Россия; archea@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9628-7338>

Реферат. В статье приведены результаты вегетационных исследований по влиянию моноинокуляции различными бактериальными препаратами и микоризой, а также результаты комплексной инокуляции микоризного гриба (*Glomus intraradices* штамм 8), в сочетании с различными бактериальными препаратами: Флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, штамм 30), Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), КЛ-14 (*Pseudomonas sp.*) и 2П-5 (*Pseudomonas sp.*) на высоту, продуктивность растений и качество зерна яровой пшеницы сорта Ленинградская 6. Моноинокуляция способствовала увеличению высоты, сухой массы и зерновой продуктивности растений яровой пшеницы. При внесении одного биопрепарата отмечено повышение содержания общего азота в зерне на 15-43% (ризобактерии), на 10% (микориза). Инокуляция на основе арбускулярной микоризы стимулировала увеличение содержания фосфора в зерне на 21%, а бакпрепаратом КЛ-14 – на 12% относительно контроля.

Комплексная инокуляция, представленная совместной инокуляцией микоризного гриба с различными ризосферными бактериальными препаратами, отразилась на результатах неоднозначно. В варианте микоризы с бактериальным препаратом Флавобактерин отмечено увеличение зерновой продуктивности растений на 19%. В остальных вариантах существенных изменений в продуктивности зерна и по другим исследуемым параметрам отмечено не было. Применение биопрепаратов Флавобактерин и Мизорин в комплексе с арбускулярной микоризой увеличивали содержание азота в зерне на 11-15% и калия на 13-16% относительно моноинокуляции микоризой – 10% (азот) и 6% (калий). Совместное применение ассоциативных ризобактерий и арбускулярной микоризы не способствовало увеличению содержания фосфора относительно контроля с микоризой.

Ключевые слова: биопрепараты, моноинокуляция, комплексная инокуляция, арбускулярная микориза, бактериальные препараты

Цитирование. Хуаз С.Х., Кондрат С.В. Исследование влияния предпосевной комплексной и моноинокуляции различными биопрепаратами на высоту, продуктивность и содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 69-75. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-69-75

STUDY OF THE EFFECT OF PRE-SOWING COMPLEX AND MONONUCLEATE VARIOUS BIOPREPARATIONS ON THE HEIGHT, PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF SPRING WHEAT

Svetlana Kh. Khuaz¹, Sofya V. Kondrat²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; huazsveta@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3112-9133>

²The Herzen State Pedagogical University of Russia, Moika river emb, 48, Saint Petersburg, 191186, Russia; archea@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9628-7338>

Abstract. The article presents the results of vegetation studies on the effect of mononucleate different bacterial drugs and mycorrhizae, as well as the results of the combined inoculation of mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices* strain 8), in combination with various bacterial preparations: Flavobacterium, Mizorin, and KL-14-and 2P-5 height and productivity of plants of spring wheat varieties Leningrad 6. Monoinoculation promoted an increase in height, dry weight, and grain productivity of spring wheat plants. With the introduction of one biological product, an increase in the total nitrogen content in the grain was noted by 15-43% (rhizobactinia), by 10% (mycorrhiza). Inoculation based on arbuscular mycorrhiza stimulated an increase in the phosphorus content in grain by 21%, and with bacterial preparation KL-14 by 12% relative to the control. The complex inoculation represented by the joint inoculation of mycorrhizal fungus with various rhizosphere bacterial preparations had an ambiguous effect on the results. In the embodiment of rhizobia with a bacterial Flavobacterium a substantial increase in grain productivity, which amounted to 19%, the rest of the options significant changes in productivity of grain and other. The use of biopreparations Flavobacterin and Mizorin in combination with arbuscular mycorrhiza increased the nitrogen content in the grain by 11-15% and potassium by 13-16% relative to mycorrhiza monoinoculation – 10% (nitrogen) and 6% (potassium). The combined use of associative rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza did not contribute to an increase in the phosphorus content relative to the control with mycorrhiza.

Keywords: biopreparations, monoinoculation, complex inoculation, arbuscular mycorrhiza, bacterial preparations.

Citation. Khuaz S.Kh., Kondrat S.V. (2021), "Study of the effect of pre-sowing complex and mononucleate various biopreparations on the height and productivity of spring wheat", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no 2, pp. 69-75. (In Russia). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-69-75

Введение. Инокуляция семян сельскохозяйственных растений биопрепаратами – один из приёмов повышения качественных и количественных характеристик получаемой продукции [6, 8, 9]. Биологические методы дополнительного стимулирования развития растений способствуют также сохранению структуры почвенных характеристик и являются экологическим подходом в мобилизации основных её минеральных ресурсов [5, 7, 10]. Определённый интерес вызывает предпосевная инокуляция семян с использованием арбускулярно микоризных грибов. Этот прием способствует улучшению фосфорного питания и не влияет на поступление азота, калия и кальция в растения [1, 2, 3].

Поэтому дополнительный интерес представляет совместное использование арбускулярно микоризных грибов и азотфиксирующих ассоциативных бактерий для полноценного снабжения растений основными элементами питания с сокращением химической нагрузки на почву. Для реализации этой задачи необходимо образование устойчивого микроценоза в ризосфере растений, что связано с физиологическим соответствием используемых организмов, поэтому необходим тщательный отбор образцов сортов растений в сочетании с биопрепаратами.

Цель исследования – установить влияние предпосевной инокуляции арбускулярной микоризой в комплексе с различными бактериальными препаратами на высоту и элементы продуктивности растений яровой пшеницы и качества зерна.

Материалы, методы и объекты исследований. Вегетационные опыты были заложены в сетчатом домике при естественном освещении на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета [4]. В вегетационные пластмассовые сосуды наполнялись 5 кг дерново-подзолистой, среднесуглинистой, слабокислой почвы. Содержание в почве фосфора и калия – среднее, гумуса – 1,5%. В опыте использованы минеральные удобрения из расчета $N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$ г д.в. на кг почвы в сосуде и следующие биопрепараты: Микориза (*Glomus intraradices*, штамм 8), Флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, штамм 30), Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), 2П-5 (*Pseudomonas sp.*), КЛ-14 (*Pseudomonas sp.*) на субстрате вермикулит. Инокуляция семян проводилась перед посевом. Препараты изготовлены ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-

Петербург – Пушкин). Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от полной влагоемкости.

Результаты исследований. По результатам наших исследований (табл.1) моноинокуляция различными микробными препаратами способствовала увеличению высоты растений пшеницы во всех вариантах. Прирост растений в высоту составил от 6 до 16%. Максимальный прирост растений в высоту отмечался в варианте с Микоризой.

Таблица 1. **Высота и продуктивность растений яровой пшеницы сорта Ленинградская 6 (моноинокуляция)**

Table 1. **Height and productivity of plants variety Leningradskaya 6 (monoinoculation)**

Варианты	Высота раст.,		Сухая масса		Количество зерен с колоса		Масса зерна	
	см	прирост к контр., %	г/сосуд	прирост к контр., %	шт	прирост к контр., %	г/сосуд	прирост к контр., %
Контроль (без инокуляции)	78,5	0	45,6	0	29	0	11,8	0
Флавобактерин	84,5	7	45,8	0	30	4	15,7	33
Мизорин	83,7	6	60,9	34	31	6	14,1	20
2П-5	86,5	10	65,8	44	36	22	14,4	23
КЛ-14	84,7	8	47,5	14	38	32	14,2	20
Микориза	91,1	16	69,7	53	37	28	15,1	28
НСР ₀₅	5,5		5,3		4,4		2,4	

Также инокуляция способствовала увеличению сухой массы растений. Существенная прибавка этого показателя была установлена в вариантах с Микоризой (прирост относительно контрольного варианта составил 53%), с Мизорином – 34%, биопрепаратом 2П-5 – 44%.

Достоверный прирост урожая зерна отмечен в опытных вариантах с инокуляцией биопрепаратами 2П-5 и Микориза. Относительно контроля он составил 23% и 28% соответственно. Максимальный прирост этого показателя отмечается в варианте с Флавобактерином – 33%. Количество зёрен в колосе увеличилось при обработке семян биопрепаратами 2П-5, КЛ-14 и Микоризой на 22-32%. Наибольший прирост количества зерна в колосе наблюдался в варианте с КЛ-14.

Таблица 2. **Высота и продуктивность растений яровой пшеницы сорта Ленинградская 6 (комплексная инокуляция)**

Table 2. **Height and productivity of plants variety Leningradskaya 6 (complex inoculation)**

Варианты	Высота раст.,		Сухая масса		Количество зерен с колоса		Масса зерна	
	см	прирост к контр., %	г/сосуд	прирост к контр., %	шт.	прирост к контр., %	г/сосуд	прирост к контр., %
Контроль (микориза)	91,1	0	69,7	0	37	0	15,1	0
Микориза+ Флавобакт.	93	2	69,5	0	40	8	18,0	20
Микориза+ Мизорин	86,7	-5	64,9	-7	32	-13	16,0	6
Микориза + 2П-5	82,7	-10	56,1	-20	37	0	12,9	-15
Микориза + КЛ-14	81,8	-10	60,1	-14	35	-6	13,6	-9
НСР ₀₅	8,5		6,1		2,3		2,4	

По результатам наших исследований (табл.2) при комплексной обработке семян Микоризой и Флавобактерином наблюдалось увеличение массы зерна на 20% относительно контрольного варианта. При совместной обработке Микоризой и Мизорином отмечается увеличение зерновой продуктивности на 6%, однако согласно статистической обработке данных опыта прибавка находится на уровне тенденций. В вариантах с Флавобактерином установлено увеличение озернённости колоса на 8%.

Комплексная инокуляция арбускулярной микоризой совместно с бактериальными препаратами не привела к увеличению высоты растений, а в вариантах с биопрепаратами 2П-5 и КЛ-14 она даже уменьшилась. Также установлено снижение сухой массы растений. На уровне тенденций отмечается уменьшение продуктивности зерна в этих вариантах. Возможно, в данном случае имело место конкуренция между микобиотом и ризосферными микроорганизмами данных штаммов за поверхность корня и питательные субстраты ризосферы.

Различными исследованиями установлено, что применение биопрепаратов, как правило, способствует накоплению разных элементов питания в основной и побочной продукции. Так, например, увеличение содержания азота в растениях происходит не только за счет содержания его в почве, внесенного минерального удобрения, но и за счет биологического азота, фиксированного ассоциативными микроорганизмами в ризосфере злаковых культур.

Нами проведено исследование содержания азота, фосфора и калия в зерне яровой пшеницы при обработке семян различными ассоциативными ризобактериями и микоризой на фоне $N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$ (табл.3).

Таблица 3. Накопление основных питательных элементов в зерне яровой пшеницы сорта Ленинградская 6 (моноинокуляция)
Table 3. Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in grain of wheat plants variety Leningradskaya 6 (mononucleate)

Варианты	N, %	Прибавка к контролю, %	P ₂ O ₅ , %	Прибавка к контролю, %	K ₂ O, %	Прибавка к контролю, %
Контроль	2,10	0	1,23	0	0,64	0
Флавобактерин	2,62	25	1,23	0	0,67	5
Мизорин	3,00	43	1,24	1	0,79	21
КЛ-14	2,70	28	1,38	12	0,69	8
2П-5	2,42	15	1,26	3	0,68	6
Микориза	2,3	10	1,50	21	0,68	6
НСП ₀₅	0,18		0,11		0,05	

Анализ данных опыта показал, что инокуляция семян бактериальными препаратами положительно влияет на увеличение содержания азота в зерне.

Действие биопрепаратов увеличивало содержание азота в зерне яровой пшеницы на 10-43% по сравнению с контрольным вариантом без инокуляции.

Наибольший прирост этого показателя отмечается в варианте с Мизорином (43%). Накопление азота в зерне относительно контроля было установлено в вариантах с Флавобактерином и КЛ-14. Оно составило 25-28% соответственно. Между этими вариантами разница незначительна. Наименьшее накопление азота в зерне сравнительно исследуемых ассоциативных ризобактерий было выявлено в варианте с препаратом 2П-5. При обработке Микоризой прирост этого показателя составил 10%.

К значительному накоплению фосфора в зерне привела обработка семян бактериальным препаратом КЛ-14. Прирост относительно контроля составил 12%, а при действии фосфатмобилизирующего препарата Микориза установлен прирост в 21%

относительно контроля. Другие исследуемые бактериальные препараты не воздействовали на накопление фосфора в зерне.

Также по результатам наших исследований при моноинокуляции различными биопрепаратами растений пшеницы установлена положительная тенденция накопления калия в зерне только в одном варианте с применением Мизорина. Прирост этого показателя составил 21%.

Совместная комплексная инокуляция арбускулярной микоризой в различных сочетаниях с ассоциативными ризобактериями привела к неодинаковому накоплению азота в зерне (табл.4).

Таблица 4. Накопление основных питательных элементов в зерне яровой пшеницы сорта Ленинградская 6 (комплексная инокуляция)

Table 4. Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in grain of wheat plants variety Leningradskaya 6 (complex inoculation)

Варианты	N, %	Прибавка к контролю, %	P ₂ O ₅ , %	Прибавка к контролю, %	K ₂ O, %	Прибавка к контролю, %
Микориза (контроль)	2,3	0	1,50	0	0,68	0
Микориза + Флавобактерин	2,53	11	1,57	5	0,77	13
Микориза + Мизорин	2,65	15	1,54	3	0,79	16
Микориза + КЛ-14	2,46	7	1,52	1	0,69	1
Микориза + 2П-5	2,4	4	1,46	4	0,72	6
НСР ₀₅	0,17		0,11		0,08	

Относительно контрольного варианта с Микоризой комплексное применение Микоризы и Флавобактерина способствовало увеличению общего азота в зерне на 11%, а калия – на 13%. Совместное применение Микоризы и Мизорина увеличивало содержание азота в зерне на 13% и калия на 16% относительно контроля. Применение ассоциативных ризобактерий совместно с Микоризой не увеличивало содержание фосфора в зерне относительно контроля с Микоризой. Комплексная инокуляция в сочетаниях Микориза и КЛ-14, Микориза и 2П-5 не воздействовала на изучаемые показатели.

Таким образом, моноинокуляция ризосферными бактериями и арбускулярной микоризой способствовала накоплению общего азота в зерне на 10-43%, увеличению содержания фосфора на 12% (бактериальный препарат КЛ-14) и 21% (арбускулярная микориза), повышению содержания калия в зерне на 8% (КЛ-14) и 21% (Мизорин).

Комплексная инокуляция арбускулярной микоризы в различных сочетаниях с исследуемыми биопрепаратами отразилась неоднозначно на накоплении основных питательных элементов в зерне яровой пшеницы.

Выводы. Моноинокуляция ризобактериями и арбускулярной микоризой способствовала увеличению высоты на 6-16%, сухой массы – на 14-53% и зерновой продуктивности – на 20-33% растений яровой пшеницы. Также моноинокуляция всеми биопрепаратами стимулировала накопление азота в зерне на 10-43%. Инокуляция Микоризой и КЛ-14 увеличивала содержание фосфора в зерне на 21% и 14% соответственно. Содержание калия возросло до 21% в варианте с Мизорином.

Предпосевная комплексная обработка Микоризой с различными биопрепаратами не способствовала увеличению высоты и сухой массы растений пшеницы относительно контрольного варианта, а в ряде случаев вызывала уменьшение исследуемых показателей. Из

исследуемых сочетаний более эффективным было взаимодействие Микориза – Флавобактерин, где совместное применение увеличило продуктивность зерна на 19%. В остальных сочетаниях комплексной обработки значимых изменений в продуктивности зерна отмечено не было. На накопление основных элементов питания в зерне пшеницы отмечается неоднозначное воздействие комплексной инокуляции. Сочетания Микоризы и Флавобактерина, Микоризы и Мизорина способствовали увеличению азота (11% и 15%) и калия (13% и 16%) в зерне пшеницы относительно контрольного варианта с Микоризой.

Список источников литературы

1. Al-Hmoud, G., Al-Momany, A. Effect of four mycorrhizal products on squash plant growth and its effect on physiological plant elements. // *Adv. Crop. Sci. Tech.* – 2017. - №5 С. 260 doi: 10.4172/2329-8863.1000260
2. Begum N., Qin C., Ahanger M.A., Raza S., Khan M.I., Ashraf M., Ahmed N. and Zhang L. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. // *Front. Plant Sci.* – 2019 - №10 С.1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068
3. Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., Bianciotto, V. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes.// *Front. Microbiol.* – 2016. - № 6, С. 1559. doi: 10.3389/fmicb.2015.01559
4. Воробейков Г.А., Царенко В.П., Лунина Н.Ф. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии. – СПб.: Проспект науки, 2014. – 144 с.
5. Завалин А.А., Алферов А.А., Чернова Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // *Агрохимия.* – 2019. – № 8. – С. 83–96. doi: 10.1134/S0002188119080143
6. Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В., Попова Т.А., Орлова А.Г., Кокорина А.Л., Вайшляз О.Б., Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Чураков А.А., Яковлева М.Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // *Сельскохозяйственная биология.* – 2015. – Том 50. №3. – С. 369-376. doi: 10.15389/agrobiology.2015.3.369rus
7. Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // *Плодородие.* – 2016. – № 5. – С. 28-32.
8. Хуаз С.Х., Ефремова М.А. Влияние предпосевной инокуляции биопрепаратами на продуктивность и накопление основных элементов питания ячменем двух сортов // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.* – 2020. – № 2(59). – С. 33-38.
9. Чеботарь В.К., Щербаков А.В., Щербакова Е.Н., Масленникова С.Н., Заплаткин А.Н., Мальфанова Н.В. Эндوفитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // *Сельскохозяйственная биология.* – 2015. – Т. 50. № 5. – С. 648-654. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.648rus
10. Шафран С.А., Духанина Т.М. Значение комплексного агрохимического окультуривания почв в повышении эффективности применения азотных удобрений под пшеницу // *Агрохимия.* – 2017. – № 11. – С. 21-30. doi:10.7868/S0002188117110035

References

1. Al-Hmoud, G., Al-Momany, A. (2017), Effect of four mycorrhizal products on squash plant growth and its effect on physiological plant elements, *Adv. Crop. Sci. Tech.* no 5 pp. 260 doi: 10.4172/2329-8863.1000260
2. Begum N., Qin C., Ahanger M.A., Raza S., Khan M.I., Ashraf M., Ahmed N. and Zhang L. (2019) Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance, *Front. Plant Sci.*, 10:1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068

3. Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., Bianciotto, V. (2016) Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes, *Front. Microbiol.* no 6, p. 1559. doi: 10.3389/fmicb.2015.01559
4. Vorobejkov G.A., Careno V.P., Lunina N.F. (2014), *Polevye i vegetacionnye issledovaniya po agrohimii i fitofiziologii*. Prospekt nauki, SPb, Russia, 2014. – 144 p.
5. Zavalin A.A., Alferov A.A., Chernova L.S. (2019) Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in crops. *Agrochemistry.* no. 8, pp. 83–96. (In Russ.). doi: 10.1134/S0002188119080143
6. Kozhemyakov A.P., Laktionov Yu.V., Popova T.A., Orlova A.G., Kokorina A.L., Vaishlyaz O.B., Agafonov E.V., Guzhvin S.A., Churakov A.A., Yakovleva M.T. (2015) Agrotechnological foundations for the creation of improved forms of microbial biological products for agriculture. *Agricultural biology.* T.50. no 3. pp. 369–376. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiology.2015.3.369rus
7. Tikhonovich I.A., Zavalin A.A. (2016) Prospects for the use of nitrogen-fixing and phytostimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agroecological situation in the Russian Federation. *Plodorodiye.* no. 5. pp. 28–32
8. Huaz S.H., Efremova M.A. (2020) Influence of pre-sowing inoculation with biological products on productivity and accumulation of basic nutrients in two varieties of barley. *Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University*, no. 59, pp. 33–38. (In Russ.).
9. Chebotar V.K., Shcherbakov A.V., Shcherbakova E.N., Maslennikova S.N., Zaplatkin A.N., Malfanova N.V. (2015) Endophytic bacteria as a promising biotechnological resource and their diversity, *Sel.-khoz. biol.* T. 50. no. 5. pp. 648–654. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.648rus
10. Shafran S.A., Dukhanina T.M. (2017) The value of complex agrochemical soil cultivation in increasing the efficiency of the use of nitrogen fertilizers for wheat, *Agrochemistry.* no. 11, pp. 21–30. (In Russ.). doi:10.7868/S0002188117110035

Сведения об авторах

Хуаз Светлана Хазретовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1481-8207.

Кондрат Софья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники факультета биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», spin-код: 6648-1375.

Information about the authors

Khuaz Svetlana Khazretovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry named after L. N. Alexandrova, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1481-8207.

Kondrat Sofya Vladimirovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Botany, Faculty of Biology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "A. I. Herzen Russian State Pedagogical University", spin-code: 6648-1375.

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 10.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 27.05.2021 г.; принята к публикации 01.06.2021 г.

The article was submitted 10.04.2021; approved after reviewing 27.05.2021; accepted after publication 01.06.2021.

Научная статья

УДК 631.95:631.85

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-76-84

**ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНГИЦИДОВ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ****Наталья Геннадьевна Петрова¹, Татьяна Васильевна Долженко^{2,3}**¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; e-mail: sacura0@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5956-8931>²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dolzhenkotv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4139-2664>³ООО «Инновационный центр защиты растений», ул. Пушкинская, д. 20, Пушкин, Санкт-Петербург, 196607, Россия

Реферат. Применение химических средств защиты растений является одним из важнейших приёмов для повышения эффективности производства пшеницы яровой в интенсивных технологиях. Применение пестицидов приводит к снижению потерь урожая от воздействия на культуру многих вредных организмов. Среди них очень часто ежегодно встречаются такие болезни пшеницы, как мучнистая роса, бурая ржавчина и пятнистости листьев. В связи с необходимостью защиты этой культуры от таких возбудителей болезней важную роль приобретает использование эффективных фунгицидов с благоприятными экотоксикологическими показателями. В статье представлена подробная методика проведения и результаты экотоксикологической оценки фунгицидов для защиты пшеницы яровой в период вегетации: Фоликур, КЭ; Титул 390, ККР; Альто Супер, КЭ; Амистар Трио, КЭ; Оптимо, КЭ; Эвито Т, КС; Альто Турбо, КЭ; Терапевт Про, КС; Триада, ККР; Капелла, МЭ и Солигор, КЭ. Оценку проводили по трём основным показателям: токсической и экологической нагрузке и коэффициенту опасности для пчёл, рассчитываемым по специальным формулам, исходя из норм применения препаратов и констант соответствующих действующих веществ. После проведения расчётов приведён рейтинг препаратов по трём вышеобозначенным критериям. Препарат Оптимо, КЭ по всем показателям обладал наилучшими экотоксикологическими параметрами. Терапевт Про, КС; Эвито Т, КС; Триада, ККР и Титул 390, ККР обладали хорошими экотоксикологическими характеристиками по двум из трёх выбранных нами показателей. Альто Супер, КЭ; Фоликур, КЭ и Солигор, КЭ только по одному из трёх параметров входили в пятёрку наиболее предпочтительных в экологическом плане фунгицидов.

Ключевые слова: фунгициды, токсическая нагрузка, экологическая нагрузка, коэффициент опасности для пчёл, классы опасности

Цитирование. Петрова Н.Г., Долженко Т.В. Экотоксикологическая оценка фунгицидов для защиты пшеницы яровой в период вегетации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 76-84. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-76-84

**ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF FUNGICIDES FOR THE PROTECTION
OF SPRING WHEAT DURING THE GROWING SEASON****Natal'ya G. Petrova¹, Tat'yana V. Dolzhenko^{2,3}**¹Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Institute of Plant Protection" (FSBSI VIZR),) шоссе Подбельского, 3, Pushkin, Saint Petersburg, 196608, Russia; e-mail: sacura0@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5956-8931>²Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state agrarian University", Peterburgskoe шоссе, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196001, Russian Federation; dolzhenkotv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4139-2664>³LLC Innovative Center for Plant Protection, Pushkinskaya, 20, Pushkin, Saint Petersburg, 196607, Russia

Abstract. The use of chemical plant protection products is one of the most important techniques for improving the efficiency of spring wheat production in intensive technologies. The use of pesticides leads to a reduction in crop losses from exposure to the culture of many harmful organisms. Among them, wheat diseases such as powdery mildew, brown rust, and leaf spots are very common every year. Due to the need to protect this crop from such pathogens, the use of effective fungicides with favorable ecotoxicological indicators is becoming important. This article presents a detailed methodology and results of ecotoxicological assessment of fungicides for the protection of spring wheat during the growing season: Folicur, CE; Titul 390, CCR; Alto Super, CE; Amistar Trio, CE; Optimo, CE; Evito T, CS; Alto Turbo, CE; Therapist Pro, CS; Triada, CCR; Capella, OE and Soligor, CE. The assessment was carried out according to three main indicators: toxic and environmental load and the hazard coefficient for bees, calculated using special formulas based on the standards for the use of preparation and constants of the corresponding active substances. After making calculations, we provide a separate summary table with the rating of fungicides according to the three above-mentioned criteria, starting with the safer ones. The fungicide Optimo, CE by all indicators had the best ecotoxicological parameters. The Therapist Pro, CS; Evito T, CS; Triada, CCR and Titul 390, CCR had good ecotoxicological characteristics for two of the three indicators we selected. Alto Super, CE; Folicur, CE, and Soligor, CE were among the top five most preferred fungicides in terms of ecology in only one of the three parameters.

Keywords: *fungicides, toxic load, environmental load, hazard coefficient for bees, hazard classes*

Citation. Petrova, N. G. and Dolzhenko, T.V. (2021) “Ecotoxicological assessment of fungicides for the protection of spring wheat during the growing season”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 62, no. 2, pp. 76-84. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-76-84

Введение. Повышение эффективности производства пшеницы яровой в интенсивных технологиях базируется не только на использовании необходимых агроприёмов для той или иной зоны, но и на применении минеральных удобрений и химических средств защиты растений в оптимальных нормах. По сведениям А.М. Артюшина и Л.М. Державина, на долю средств химизации приходится 25-30% общих энергетических затрат, расходуемых на производство единицы продукции. В связи с высокой эффективностью химических мер по защите урожая необходимо помнить о том, что применение пестицидов сопряжено с высокой реальной и потенциальной опасностью. Нормальное функционирование агроэкосистемы невозможно без адекватной оценки нагрузки ксенобиотиков [1-3].

Цель наших исследований – дать экотоксикологическую оценку препаратам, применяемым или рекомендуемым для защиты пшеницы яровой от комплекса болезней в период вегетации.

Материалы, методы и объекты исследований. Для проведения оценки нами были выбраны несколько наиболее применяемых препаратов для защиты пшеницы яровой от мучнистой росы, бурой ржавчины и пятнистостей листьев в рекомендованных Государственным каталогом пестицидов нормах применения (Фоликур, КЭ (250 г/л тебуконазола); Титул 390, ККР (390 г/л пропиконазола); Альто Супер, КЭ (250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола) и Амистар Трио, КЭ (125 г/л пропиконазола + 100 г/л азоксистробина + 30 г/л ципроконазола)) и фунгициды, чья эффективность изучалась нами в нескольких нормах применения (Оптимо, КЭ (200 г/л пираклостробина); Эвито Т, КС (180 г/л флуоксастробина + 250 г/л тебуконазола); Альто Турбо, КЭ (250 г/л пропиконазола + 160 г/л ципроконазола); Терапевт Про, КС (125 г/л крезоксим-метила + 125 г/л эпоксиконазола + 80 г/л дифенокконазола); Триада, ККР (140 г/л пропиконазола + 140 г/л тебуконазола + 72 г/л эпоксиконазола); Капелла, МЭ (120 г/л пропиконазола + 60 г/л флутриафола + 30 г/л дифенокконазола) и Солигор, КЭ (224 г/л спирокарбамата + 167 г/л тебуконазола + 43 г/л протиоконазола)).

Экологическую безопасность изучаемых фунгицидов оценивали по ряду критериев, исходя из опасности для человека и для основных объектов агробиоценоза. Классы опасности для человека и медоносных пчёл брали, как правило, из Государственного каталога

пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации (2020) [4]. Экотоксикологическую оценку проводили по трём основным параметрам: токсической нагрузке, коэффициенту опасности для пчёл, а также по экологической нагрузке фунгицидов на почву.

По степени опасности для живых организмов существуют следующие системы классификации пестицидов. Первая (токсиколого-гигиеническая классификация, или классификация по категории А) была разработана в 1968 году под руководством Л.И. Медведя. Она предусматривала деление пестицидов на 4 класса опасности по токсичности и другим свойствам, в том числе по отдалённым последствиям. Для неё приоритетным значением был токсический аспект, то есть значение токсического эффекта для человека. М.С. Соколов и Б.П. Стрекозов предложили в 1976 году другую классификацию (экотоксикологическую, или классификацию по категории Б). Она была основана на оценке отрицательного действия пестицидов на биоту в целом по признакам персистентности в почве, транслокации в растениях, биокумуляции по трофическим цепям, токсичности для полезной фауны и т.д. Она также включала в себя четыре класса опасности. Этим двум системам были присущи свои достоинства и недостатки: первая классификация не отражала поведения пестицидов в окружающей среде, а вторая не учитывала воздействия ксенобиотиков на здоровье человека [3].

Одним из важных критериев отбора и оценки препаратов по санитарной, экологической и токсикологической безопасности необходимо считать интегральный показатель – токсическая нагрузка (ТН), выражаемая количеством полулетальных доз для теплокровных животных (ЛД₅₀), вносимых на гектар площади в процессе однократной обработки пестицидом. Чем меньше этот показатель, тем более экологичен и приемлем данный препарат.

Этот дополнительный показатель рассчитывали для определения степени опасности выбранных для исследования фунгицидов для теплокровных и человека. Расчёт проводили по формуле, предложенной Ю.Н. Фадеевым (1988) [5]:

$$ТН = \frac{\text{Норма применения действующего вещества (д.в.) в мг/га}}{\text{ЛД}_{50} \left(\frac{\text{мг}}{\text{кг}} \right)}$$

С учётом размаха колебаний по показателю ТН выделяют 4 класса опасности пестицидов:

I – малоопасные, при применении которых ТН не превышает 100 полулетальных доз на га;

II – умеренно опасные (ТН от 100 до 1000 полулетальных доз/га);

III – опасные (ТН от 1000 до 10000 полулетальных доз/га);

IV – особо опасные, применение которых создаёт ТН на га более 10000 полулетальных доз [6-9].

Опасность изучаемых фунгицидов для пчёл определяли по соответствующему коэффициенту опасности:

$$K_{\text{оп}} = \frac{\text{Норма применения действующего вещества (д.в.) в г/га}}{\text{ЛД}_{50} \text{ (мкг/пчелу)}}$$

Чем этот коэффициент меньше, тем безопаснее фунгицид для медоносных пчёл [10].

Для почвы сравнительную оценку опасности изучаемых фунгицидов рассчитывали по показателю экологической нагрузки – ЭН.

$$ЭН = \frac{\text{Норма применения действующего вещества} \left(\frac{\text{мг}}{\text{га}} \right) \times T_{50}}{\text{ЛД}_{50} \text{ (мг/кг)}}$$

где T₅₀ – полупериод исчезновения препарата из почвы (нед.). Конечный результат по этой формуле приводили в условных единицах [8].

Для расчётов вышеуказанных токсикологических показателей использовали справочные данные по действующим веществам изученных фунгицидов (табл. 1) [11-12]. Для двух- и трёхкомпонентных препаратов расчётные показатели приводили, суммируя их результаты по составным компонентам.

Таблица 1. Основные токсикологические характеристики действующих веществ фунгицидов
 Table 1. Main toxicological characteristics of active substances of fungicides

Название действующего вещества	ЛД ₅₀ оральное для теплокровных и человека, мг/кг	ЛД ₅₀ дермальное для теплокровных и человека, мг/кг	ЛД ₅₀ для пчёл, мкг/пчелу	T ₅₀ в почве, нед.
Азоксистробин	5000	2000	25	26
Дифеноконазол	1453	2010	187	13
Крезоксим-метил	5000	2000	20	3
Пиракlostробин	5000	2000	310	5
Пропиконазол	1517	4000	100	31
Протиоконазол	6200	5000	0	1
Спироксамин	530	1068	100	9
Тебуконазол	1700	5000	0	8
Флуоксастробин	2500	2000	843	11
Флутриафол	1480	1000	5	123
Ципроконазол	1333	2000	0,1	19
Эпоксиконазол	5000	2000	100	18

Результаты исследований. По кожно-резорбтивной токсичности выделяют три группы пестицидов: с резко выраженной (ЛД₅₀<300 мг/кг); выраженной (ЛД₅₀ = 300-1000 мг/кг) и слабо выраженной (ЛД₅₀>1000 мг/кг) токсичностью [10]. Анализируя этот показатель в таблице 1 основных токсикологических характеристик по действующим веществам изученных нами фунгицидов, было отмечено, что все они (за исключением флутриафола) принадлежат к фунгицидам со слабо выраженной токсичностью, а, следовательно, и все взятые в исследования препараты принадлежат к той же самой группе. Препараты по средним ЛД₅₀ (в порядке увеличения этого показателя) располагаются в следующей последовательности: по 2000 мг/кг (Оптимо, КЭ; Альто Супер, КЭ; Альто Турбо, КЭ); 2003 мг/кг (Терапевт Про, КС); 2337 мг/кг (Капелла, МЭ); 2667 мг/кг (Амистар Трио, КЭ); 3500 мг/кг (Эвито Т, КС); 3667 мг/кг (Триада, ККР); 3689 мг/кг (Солигор, КЭ); 4000 мг/кг (Титул 390, ККР) и 5000 мг/кг (Фоликур, КЭ).

Результаты расчёта токсической нагрузки изученных фунгицидов приведены в таблице 2. Класс опасности фунгицидам с интервалом в нормах применения присваивали исходя из средних значений этого показателя.

Из изученных препаратов к малоопасным отнесены Оптимо, КЭ; Терапевт Про, КС и Титул 390, ККР. Препараты Триада, ККР и Альто Турбо, КЭ по среднему показателю токсической нагрузки отнесены к умеренно опасным, но в минимальных нормах применения могут быть малоопасными. Альто Супер, КЭ; Амистар Трио, КЭ и Фоликур, КЭ умеренно опасны в максимальных нормах применения, а Капелла, МЭ; Эвито Т, КС и Солигор, КС относятся к умеренно опасным независимо от нормы применения. Согласно Государственному каталогу пестицидов по токсиколого-гигиенической классификации ко 2-му классу опасности относятся препараты Фоликур, КЭ; Триада, ККР; Капелла, МЭ; Амистар Трио, КЭ и Солигор, КЭ. К 3-му классу опасности относятся препараты Оптимо, КЭ; Терапевт Про, КС; Титул 390, ККР; Альто Супер, КЭ; Альто Турбо, КЭ.

Таблица 2. Токсическая нагрузка фунгицидов
 Table 2. Toxic load of fungicides

Название препарата	Норма применения, л/га	Токсическая нагрузка, количество полупетальных доз/га	Характеристика	Примечание
Оптимо, КЭ	0,5-1,0	20-40 (ср. 30)	м-о*	-
Терапевт Про, КС	0,5-0,7	52,5-73,5 (ср. 63)	м-о*	-
Титул 390, ККР	0,26	66,8	м-о*	-
Триада, ККР	0,5-0,6	94,5-113,4 (ср. 104,4)	у-о**	В норме применения 0,5 л/га относится к малоопасным
Альто Супер, КЭ	0,5	112,4	у-о**	-
Альто Турбо, КЭ	0,3-0,5	85,4-142,4 (ср. 113,9)	у-о**	В норме применения 0,3 л/га относится к малоопасным
Амистар Трио, КЭ	1,0	124,9	у-о**	-
Капелла, МЭ	0,8-1,0	112,2-140,2 (ср. 126,2)	у-о**	-
Фоликур, КЭ	1,0	147,1	у-о**	-
Эвито Т, КС	0,5-1,0	109,5-219,5 (ср. 160,6)	у-о**	-
Солигор, КЭ	0,4-0,8	211,2-422,2 (ср. 316,7)	у-о**	-

Примечание: *м-о – малоопасные; у-о** – умеренно опасные

Результаты оценки опасности изученных препаратов для пчёл приведены в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициент опасности фунгицидов для пчёл
 Table 3. Fungicide hazard ratio for bees

Название препарата	Норма применения, л/га	К _{оп} для пчёл
Оптимо, КЭ	0,5-1,0	0,0003-0,0006
Триада, ККР	0,5-0,6	0,001-0,0012
Эвито Т, КС	0,5-1,0	0,0009-0,0018
Солигор, КЭ	0,4-0,8	0,0009-0,0018
Титул 390, ККР	0,26	0,001
Фоликур, КЭ	1,0	0,0025
Терапевт Про, КС	0,5-0,7	0,0039-0,0054
Капелла, МЭ	0,8-1,0	0,0106-0,0134
Амистар Трио, КЭ	1,0	0,3053
Альто Супер, КЭ	0,5	0,413
Альто Турбо, КЭ	0,3-0,5	0,4808-0,8013

По коэффициенту опасности для пчёл самыми безопасными для них являются препараты: Оптимо, КЭ; Триада, ККР; Эвито Т, КС; Солигор, КЭ и Титул 390, ККР. По данным Государственного каталога пестицидов, все изученные фунгициды, разрешённые для применения на территории Российской Федерации, отнесены 3-му классу опасности, что предполагает их использование с соблюдением следующих санитарных правил: проведение

обработки растений ранним утром или вечером после захода солнца при скорости ветра при наземном опрыскивании не более 4-5 м/с с погранично-защитной зоной для пчёл не менее 2-3 км и ограничении их лёта на срок не менее 20-24 часов. По сведениям Н.П. Назаровой, фунгициды признаны наиболее безопасной для пчёл группой пестицидов [13]. Относясь к 3-му классу опасности, они могут вызывать гибель от 1 до 5% пчёл. Это подтверждено нашими расчётами коэффициентов опасности инсектицидов, используемых для защиты посевов пшеницы от комплекса вредителей в регламентах, рекомендованных Государственным каталогом. Коэффициент опасности препаратов Бинадин, КЭ (400 г/л диметоата) в норме применения 1-1,5 л/га составил 2666,67-4000; Шарпей, МЭ (250 г/л циперметрина) в норме применения 0,15-0,3 л/га – 1071,43-2142,86; Альфа-Ципи, КЭ (100 г/л альфа-циперметрина) в норме применения 0,1-0,15 л/га – 169,49-254,24; Децис Эксперт, КЭ (100 г/л дельтаметрина) при его применении в норме 0,05-0,125 л/га имеет коэффициент опасности порядка 63,29-158,23; Кунгфу, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрина) в норме 0,2 л/га – 11; а препарат Гринда РП (200 г/л ацетамиприда) в норме 0,05-0,175 л/га – 0,69-2,41.

Данные по оценке опасности изученных фунгицидов для почвы по показателю экологической нагрузки приведены в таблице 4.

Таблица 4. Экологическая нагрузка фунгицидов
 Table 4. Environmental load of fungicides

Название препарата	Норма применения, л/га	ЭН, у.е.
Оптимо, КЭ	0,5-1,0	100-200 (ср. 150)
Терапевт Про, КС	0,5-0,7	620-868 (ср. 744)
Фоликур, КЭ	1,0	1176,8
Эвито Т, КС	0,5-1,0	984-1968,8 (ср. 1460,3)
Триада, ККР	0,5-0,6	1821,9-2267,4 (ср. 2044,7)
Титул 390, ККР	0,26	2070,8
Альто Турбо, КЭ	0,3-0,5	2215,4-3570,4 (ср. 2913,6)
Альто Супер, КЭ	0,5	3124,4
Амистар Трио, КЭ	1,0	3501,9
Капелла, МЭ	0,8-1,0	6162-7701,4 (ср. 6934)
Солигор, КЭ	0,4-0,8	6358,6-12716,2 (ср. 9535,4)

Наименьшую экологическую нагрузку на почву оказывают фунгициды Оптимо, КЭ; Терапевт Про, КС; Фоликур, КЭ; Эвито Т, КС и Триада, ККР.

В таблице 5 отражён рейтинг изученных нами фунгицидов по трём основным экотоксикологическим параметрам.

Таблица 5. Результаты экотоксикологической оценки фунгицидов
Table 5. Results of ecotoxicological evaluation of fungicides

По ТН	По К _{оп}	По ЭН
<i>Оптимо, КЭ</i>	<i>Оптимо, КЭ</i>	<i>Оптимо, КЭ</i>
<i>Терапевт Про, КС</i>	<i>Триада, ККР</i>	<i>Терапевт Про, КС</i>
<i>Титул 390, ККР</i>	<i>Эвито Т, КС</i>	<i>Фоликур, КЭ</i>
<i>Триада, ККР</i>	<i>Солигор, КЭ</i>	<i>Эвито Т, КС</i>
<i>Альто Супер, КЭ</i>	<i>Титул 390, ККР</i>	<i>Триада, ККР</i>
<i>Альто Турбо, КЭ</i>	<i>Фоликур, КЭ</i>	<i>Титул 390, ККР</i>
<i>Амистар Трио, КЭ</i>	<i>Терапевт Про, КС</i>	<i>Альто Турбо, КЭ</i>
<i>Капелла, МЭ</i>	<i>Капелла, МЭ</i>	<i>Альто Супер, КЭ</i>
<i>Фоликур, КЭ</i>	<i>Амистар Трио, КЭ</i>	<i>Амистар Трио, КЭ</i>
<i>Эвито Т, КС</i>	<i>Альто Супер, КЭ</i>	<i>Капелла, МЭ</i>
<i>Солигор, КЭ</i>	<i>Альто Турбо, КЭ</i>	<i>Солигор, КЭ</i>

Выводы. Препарат Оптимо, КЭ по всем показателям обладал наилучшими экотоксикологическими параметрами. Терапевт Про, КС; Эвито Т, КС; Триада, ККР и Титул 390, ККР обладали хорошими экотоксикологическими характеристиками по двум из трёх выбранных нами показателей. Альто Супер, КЭ; Фоликур, КЭ и Солигор, КЭ только по одному из трёх параметров входили в пятёрку наиболее предпочтительных в экологическом плане фунгицидов. Альто Турбо, КЭ; Амистар Трио, КЭ и Капелла, МЭ в число таковых ни по одному из трёх показателей не вошли. Таким образом, наиболее предпочтительными с экологической точки зрения для применения против бурой ржавчины, мучнистой росы и пятнистостей листьев пшеницы яровой являлись фунгициды Оптимо, КЭ; Терапевт Про, КС; Титул 390, ККР; Эвито Т, КС и Триада, ККР.

Список источников литературы

1. Назарова Н.П. О воздействии пестицидов на жизнедеятельность медоносных пчёл // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. - 2009. - № 4. - С. 134-137.
2. Шламмер Г. Натуральное пчеловодство, натуральный мед: критический подход к пчеловодству и меду. - М.: АСТ: Астрель, 2005. - 127 с.
3. Ижевский С.С. Негативные последствия применения пестицидов // Защита и карантин растений. - 2006. - № 5. - С. 14-16.
4. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. - М., 2020. - 826 с.
5. Фадеев Ю.Н. Оценка санитарной и экологической безопасности пестицидов // Защита растений. - 1988. - №7. - С. - 20-21.
6. Буров В.Н., Тютюрев С.Л., Сухорученко Г.И., Петрова Т.М. Методы оценки экологической безопасности пестицидов при использовании их в интегрированной защите растений. - СПб., 1995. - 14 с.
7. Долженко В.И. Принципы совершенствования и оптимизации ассортимента химических средств защиты растений // Химический метод защиты растений: материалы международной научно-практической конференции (6-10 декабря 2004 г.). - СПб., 2004. - С. 86-88.
8. Долженко В.И., Долженко Т.В. Принципы создания экологически безопасных систем защиты растений // Химический метод защиты растений: материалы международной научно-практической конференции (6-10 декабря 2004 г.). - СПб., 2004. - С. 91-93.
9. Долженко Т.В. Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: автореф. дис... док. биол. наук. - СПб., 2017. - 44 с.

10. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: КолосС, 2012. – 247 с.
11. The Pesticide Manual / under edition C D S Tomlin // Thirteenth Edition. – UK, BCPC, 7 Omni Business Centre, Omega Park, Alton, Hampshire, GU34 2 QD. – 2003. – 1344 p.
12. Список пестицидов с описанием RuPest (по действующим веществам) [Электронный ресурс]. URL: <http://ruepest.ru/> (дата обращения: 07.08.2019).
13. Назарова Н.П. О воздействии пестицидов на жизнедеятельность медоносных пчёл // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2009. – № 4. – С. 134-137.

References

1. Nazarova, N.P. (2009) *O vozdeystvii pesticidov na zhiznedeyatel'nost' medonosnyh pchyol* [On the impact of pesticides on the vital activity of honeybees] / N.P. Nazarova // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki, 2009, № 4, P. 134-137.
2. Shlammer, G. (2005) *Natural'noe pchelovodstvo, natural'nyj med: kriticheskij podhod k pchelovodstvu i medu* [Natural beekeeping, natural honey: a critical approach to beekeeping and honey] / Gerhard Shlammer; per. s nem. M. Belyaeva // M.: AST: Astrel', 2005, 127 p.
3. Izhevskij, S.S. (2006) *Negativnye posledstviya primeneniya pesticidov* [Negative effects of pesticides] / S.S. Izhevskij // Zashchita i karantin rastenij, 2006, № 5, P. 14-16.
4. Gosudarstvennyj Katalog pesticidov i agrohimiKatov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii [State Catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation]. M., 2020, 826 p.
5. Fadeev, YU.N. (1988) *Ocenka sanitarnoj i ekologicheskoy bezopasnosti pesticidov* [Assessment of the sanitary and environmental safety of pesticides] / YU.N. Fadeev // Zashchita rastenij, 1988, №7. P. 20-21.
6. Burov, V.N. (1995) *Metody ocenki ekologicheskoy bezopasnosti pesticidov pri ispol'zovanii ih v integrirovannoj zashchite rastenij* [Methods for assessing the environmental safety of pesticides when used in integrated plant protection] / V.N. Burov, S.L. Tyuterev, G.I. Suhoruchenko, T.M. Petrova // SPb, 1995, 14 p.
7. Dolzhenko, V.I. (2004) *Principy sovershenstvovaniya i optimizacii assortimenta himicheskikh sredstv zashchity rastenij* [Principles of improving and optimizing the range of chemical plant protection products] / V.I. Dolzhenko // Himicheskij metod zashchity rastenij. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 6-10 dekabrya 2004 g., 2004, P. 86-88.
8. Dolzhenko, V.I. (2004) *Principy sozdaniya ekologicheskoi bezopasnyh sistem zashchity rastenij* / V.I. Dolzhenko, T.V. Dolzhenko // Chemical method of plant protection: materials of the international scientific and practical conference (December 6-10, 2004)., 2004, P. 91-93.
9. Dolzhenko, T.V. (2017) *Biologizaciya i ekologicheskaya optimizaciya assortimenta sredstv zashchity sel'skohozyajstvennyh kul'tur ot vreditel'ej* [Biologization and ecological optimization of the range of crop protection products from pests] / T.V. Dolzhenko // Avtoref. diss. dok. biol. nauk, SPb. – Pushkin, 2017, 44 p.
10. Zinchenko, V.A. (2012) *Himicheskaya zashchita rastenij: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost'* [Chemical plant protection: means, technology and environmental safety] / V.A. Zinchenko // M.: KolosS, 2012, 247 p.
11. The Pesticide Manual / under edition C D S Tomlin // Thirteenth Edition. - UK, BCPC, 7 Omni Business Centre, Omega Park, Alton, Hampshire, GU34 2 QD. - 2003. - 1344 p.
12. Spisok pesticidov s opisaniem RuPest (po dejstvuyushchim veshchestvam) [List of pesticides with the description of RuPest (by active substances)] [Elektronnyj resurs] <http://ruepest.ru/>, [accessed 7 Aug 2019].
13. Nazarova, N.P. (2009) *O vozdeystvii pesticidov na zhiznedeyatel'nost' medonosnyh pchyol* [On the impact of pesticides on the vital activity of honeybees] / N.P. Nazarova // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki, 2009, № 4, P. 134-137.

Сведения об авторах

Петрова Наталья Геннадьевна – младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», spin-код: 2741-0280.

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

Petrova Natal'ya Gennad'evna – junior research associate, Federal State Budget Scientific Institution “All-Russian Institute of Plant Protection”, spin-code: 2741-0280.

Dolzhenko Tat'yana Vasil'evna – doctor of biological sciences, federal state budgetary educational institution of higher education "Saint Petersburg state agrarian University", LLC Innovative 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 01.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 22.04.2021 г.; принята к публикации 30.04.2021 г.

The article was submitted 01.04.2021; approved after reviewing 22.04.2021; accepted after publication 30.04.2021.

Научная статья

УДК 631.95:631.85

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-84-91

ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕЛЯ «АКВАСИН» И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ЭКСТРАСОЛ» НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРАНЖЕРЕИ

Елена Владимировна Воропаева¹, Ирина Владимировна Ельшаева²

¹Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, Петербургское шоссе, д.10, Пушкин, Санкт-Петербург, 196605, Россия; lena.voropaeva.1973@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4989-5218>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; elshaevaiv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3900-3044>

Реферат. В опытах с декоративными культурами: пиilea Кадье (*Pilea cadierei*) и традесканция полосатая (*Tradescantia zebrina*) изучалось влияние различных доз гидрогеля «Аквасин» и микробиологического препарата «Экстрасол» на рост и развитие растений в условиях оранжереи. Для решения задач исследования было заложено два вегетационных опыта. В первом опыте был использован гидрогель «Аквасин», который представляет собой гранулы сшитого сополимера калиевой и аммонийной солей акриловой кислоты. Во втором опыте изучалось влияние на растения микробиологического препарата «Экстрасол», зарегистрированного в качестве биологического

пестицида. Микробиологический препарат «Экстрасол» применяется в сельском хозяйстве для стимуляции роста и защиты растений. Так же была проведена оценка совместного применения гидрогеля и микробиологического препарата на рост и развитие декоративных растений. Показано, что внесение гидрогеля способствует увеличению влагоемкости почвы. Максимальное влияние на рост и развитие растений *Pilea cadierei* оказала доза внесения гидрогеля 5 г/кг. За время проведения опыта в данном варианте наблюдалось максимальное увеличение биометрических показателей растений. В опыте с *Tradescantia zebrina* максимальное увеличение показателей наблюдалось в варианте с дозой гидрогеля 4 г/кг. В этом варианте отмечено максимальное количество побегов и листьев у растений. Положительный эффект от применения «Экстрасола» наблюдался в варианте с совместным внесением препаратов. Выявлена доза гидрогеля и микробиологического препарата, положительно влияющая на рост и развитие декоративных растений в условиях оранжереи. В варианте с дозой внесения гидрогеля 4 г/кг и применением препарата «Экстрасол» выявлен прирост биометрических показателей растений по отношению к контролю. Также в данном варианте наблюдалось более раннее наступление фазы цветения, что может быть очень значимо для декоративных цветущих растений, используемых в озеленении интерьеров.

Ключевые слова: гидрогель, микробиологический препарат, декоративные растения

Цитирование. Воропаева Е.В., Ельшаева И.В. Влияние гидрогеля «Аквазин» и микробиологического препарата «Экстрасол» на рост и развитие декоративных растений в условиях оранжереи // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 84-91. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-84-91

THE INFLUENCE OF AQUASIN HYDROGEL AND EXTRASOL MICROBIOLOGICAL PREPARATION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF ORNAMENTAL PLANTS IN A GREENHOUSE

Elena V. Voropaeva¹, Irina V. Elshaeva²

¹Leningrad State University, A. S. Pushkin, Peterburgskoye shosse, 10, Pushkin, Saint-Petersburg, 196605, Russia; lena.voropaeva.1973@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4989-5218>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; elshaevaiv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3900-3044>

Abstract. In experiments with ornamental crops: *Pilea cadierei* (*Pilea cadierei*) and *Tradescantia striata* (*Tradescantia zebrina*), the effect of different doses of the hydrogel "Aquasin" and the microbiological preparation "Extrasol" on the growth and development of plants in a greenhouse was studied. To solve the problems of the study, two vegetation experiments were laid down. In the first experiment, Aquasin hydrogel was used, which is granules of a cross-linked copolymer of potassium and ammonium salts of acrylic acid. In the second experiment, the effect of the microbiological preparation "Extrasol", registered as a biological pesticide, on plants was studied. The microbiological preparation "Extrasol" is used in agriculture to stimulate the growth and protection of plants. The combined use of a hydrogel and a microbiological preparation on the growth and development of ornamental plants was also evaluated. It is shown that the introduction of hydrogel contributes to an increase in the moisture capacity of the soil. The maximum effect on the growth and development of *Pilea cadierei* plants was the dose of hydrogel application of 5 g/kg. During the experiment, the maximum increase in the biometric parameters of plants was observed in this variant. In the experiment with *Tradescantia zebrina*, the maximum increase in indicators was observed in the variant with a hydrogel dose of 4g/kg. In this variant, the maximum number of shoots and leaves in plants is noted. The positive effect of the use of "Extrasol" was observed in the variant with the joint introduction of drugs. A dose of hydrogel and a microbiological preparation that positively affects the growth and development of ornamental plants in a greenhouse was identified. In the variant with a dose of hydrogel application of 4 g / kg and the use of the drug "Extrasol", an increase in the biometric parameters of plants in relation to the control was revealed. Also, in this variant, an earlier onset of the flowering phase was observed, which can be very significant for decorative flowering plants used in landscaping interiors.

Keywords: hydrogel, microbiological preparation, decorative plants

Citation. Voropaeva, E.V. and Elshaeva, I.V. (2021), "The influence of Aquasin hydrogel and Extrasol microbiological preparation on the growth and development of ornamental plants in a greenhouse", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol 63, no 2, pp. 84-91. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-84-91

Введение. При выращивании культурных растений в защищенном грунте необходимо полностью обеспечить их факторами жизни. Одним из значимых факторов является почвенная влага, оптимальное содержание которой обеспечивает благоприятные условия для питания растений, их роста и развития. Декоративные культуры в условиях оранжереи выращиваются, как правило, с использованием интенсивных поливов, приводящих к потере питательных веществ, увеличению плотности почвенного грунта, нарушению развития микроорганизмов. В связи с этим необходимо найти наиболее эффективные способы регулирования водного режима, не наносящие вред растениям.

Одним из путей решения проблемы регулирования воды в почве является использование специализированных полимеров – гидрогелей. Они способны многократно увеличивать свой объем в результате набухания, обладают высокой водосорбирующей способностью, обеспечивая более рациональное использование минеральных удобрений и средств защиты, а также способны значительно повысить экологическую чистоту при выращивании растений. Вода остается доступной, поскольку не происходит прочного связывания воды с молекулой полимера [1, 2].

Водопоглощающие полимеры, внесенные в почву, оказывают положительное влияние на развитие растений, что подтверждается исследованиями, показывающими определенное влияние гидрофильных полимеров на улучшение условий роста растений за счет стабилизации влажности почвы [3, 4, 5].

При поливе гидрогель впитывает влагу вместе с растворенными в ней веществами и удобрениями. При внесении в почву растение сначала потребляет доступную влагу из почвы, затем воду, удерживаемую полимером [1]. Гидрогель способен удерживать излишнюю воду при умеренном поливе и, отдавая ее впоследствии, поддерживать оптимальный водный режим для растений [6]. Он не теряет своих свойств после заморозания или полного высыхания и способен сохранять свои абсорбционные свойства до 5 лет [5, 7].

Микробиологические препараты применяются в сельском хозяйстве для стимуляции роста и защиты растений. Препарат «Экстрасол» содержит штамм бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, выделенных из ризосферы здоровых растений и обладающих комплексом полезных свойств [8, 9]. Обработка почвенного грунта раствором «Экстрасол» подавляет патогенную микрофлору и способствует размножению полезных бактерий. Эффективность препарата особенно возрастает на неоднократно использованных почвогрунтах в парниках, теплицах и оранжереях.

Препарат «Экстрасол» был зарегистрирован в качестве биологического пестицида. Действие препарата основано на способности бактерии *Bacillus subtilis* Ч-13 синтезировать вещества, способные подавлять развитие фитопатогенных бактерий и грибов, вызывающих болезни растений. *Bacillus subtilis* Ч-13, колонизируя поверхность корневой системы, усиливает иммунитет растений и повышает их устойчивость к стрессам, таким, как временное понижение температуры и недостаток влаги [9].

«Экстрасол» повышает продуктивность растений вследствие улучшения поступления в растения элементов питания, ускорения развития растений, снижения заболевания растений.

Цель исследования – изучить эффективность применения полимера акриловой кислоты «Аквазин» при выращивании декоративных культур в условиях оранжереи на торфяном грунте. В рамках поставленной цели решались следующие задачи: оценить влияние гидрогеля на рост и развитие растений; определить эффективные дозы «Аквазина»; исследовать совместное влияние гидрогеля и микробиологического препарата «Экстрасол» на растения.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования по изучению эффективности возрастающих доз гидрогеля проводили на базе государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Ленинградской области «Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина». Коллекция растений располагается в оранжерее с контролируемой температурой и влажностью воздуха и насчитывает около 400 видов и сортов растений из субтропических и тропических зон. Растения подобраны в экспозиционные группы по эколого-географическим признакам и по семействам, в коллекции представлены деревья, кустарники, многолетние травянистые растения, лианы, эпифиты [10].

В проведенном нами опыте был использован гидрогель «Аквасин», который представляет собой гранулы пространственно сшитого полимера акриловой кислоты на основе солей калия и аммония. Для возможности широкого применения гранулы полимера изготавливаются различных размеров.

Объектами исследования в опыте являются декоративные культуры в условиях нашей климатической зоны, выращиваемые как комнатные растения. Это пилея Кадые (*Pilea cadierei*) семейства крапивные (*Urticaceae*) и традесканция полосатая (*Tradescantia zebrina*) семейства коммелиновые (*Commelinaceae*).

Пилея Кадые – травянистый многолетник, предпочитающий температуру до 25°C и влажную почву, без застоя воды. Лучшим вариантом будет поддержание почвенного грунта в слегка увлажненном состоянии на протяжении всего вегетационного периода.

Традесканция полосатая относится к травянистым многолетним растениям, неприхотлива к условиям содержания, часто используется для озеленения помещений. *Оптимальная температура содержания составляет 24-26°C. Растение предпочитает влажную почву без переувлажнения.*

Для решения задач исследования было заложено два вегетационных опыта. Схема первого опыта состояла из четырех вариантов: 1) контроль; 2) доза гидрогеля 1 г/кг; 3) доза гидрогеля 3 г/кг; 4) доза гидрогеля 5 г/кг. В опытах использовался торфяной грунт массой 0,5 кг на сосуд. Опыт был произведен в шестикратной повторности. Опыт проводился с *Pilea cadierei*.

В проводимых опытах для каждого варианта были подобраны сосуды с одинаковой массой и равным количеством отверстий для стока лишней воды. Перед поливом и после производили взвешивание всех сосудов.

Также был проведен агрохимический анализ торфа, который включал следующие исследования: определение зольности торфа по ГОСТ 11306-2013; определение влажности по ГОСТ 11305-2013; определение подвижного фосфора и калия в почве по методу Кирсанова, ГОСТ 54650-2011; потенциометрическое определение обменной кислотности почв по ГОСТ 26484-85 (табл.1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика торфяного грунта
 Table 1. Agrochemical characteristics of peat soil

Влажность, %	Зольность, %	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ мг/кг почвы	K ₂ O мг/кг почвы
58	14,85	6,2	196,25	135,00

Второй опыт проводился с применением микробиологического препарата «Экстрасол» для выявления эффективности использования удобрений в сочетании с гидрогелем. Схема второго опыта состояла из шести вариантов: 1) контроль; 2) контроль плюс микробиологический препарат «Экстрасол»; 3) доза гидрогеля 2 г/кг; 4) доза гидрогеля 4 г/кг; 5) доза гидрогеля 2 г/кг плюс микробиологический препарат «Экстрасол»; 6) доза гидрогеля 4 г/кг плюс микробиологический препарат «Экстрасол». В опыте так же использовался

торфяной грунт массой 0,5 кг на сосуд. Опыт был произведен в трехкратной повторности. В опыте выращивалась *Tradescantia zebrina*.

Препарат «Экстрасол» представляет собой непрозрачную гомогенную жидкость темно-коричневого цвета, с характерным запахом или без него. рН составляет 6,8-7,4. Может наблюдаться выпадение осадка вследствие оседания бактериальной массы, поэтому перед применением препарат необходимо взбалтывать. Экстрасол вносился в рекомендуемой производителем дозе (10 мл препарата на 100 мл воды) при первом поливе растений.

Результаты исследований. Наблюдения, проводимые с полимером «Аквасин», показали, что его масса после добавления 400 мл жидкости увеличилась в 370 раз. Для того чтобы гидрогель впитал в себя основную часть воды, было затрачено около 3 минут, однако полное впитывание всей влаги произошло приблизительно за два часа.

Внесение препарата в почву способствовало увеличению ее влагоемкости. Масса почвы в опыте до и после полива представлена в таблице 2. Минимальная прибавка веса произошла в контрольном варианте (76-85 г), масса почвы во втором варианте увеличилась на 89 – 102 г, в третьем – на 127 – 130 г. Наибольшее увеличение массы наблюдалось в четвертом варианте с максимальной дозой гидрогеля – 160-182 г. В целом, водоудерживающие свойства «Аквасина» заметнее проявились во второй половине вегетации при увеличении биомассы и значительном развитии корневых систем декоративных растений.

Таблица 2. Изменение массы почвы в опыте, г
Table 2. Change in soil mass in the experiment, g

№	Вариант	Начало вегетации		Середина вегетации	
		m до полива	m после полива	m до полива	m после полива
1	Контроль	564	640	570	655
2	Гидрогель 1 г/кг	565	654	568	670
3	Гидрогель 3 г/кг	563	690	590	720
4	Гидрогель 5 г/кг	568	750	620	780

Результаты наблюдения за растениями в первом опыте представлены в таблице 3. Данные исследования показали невысокую эффективность применения гидрогеля практически во всех изучаемых дозах. Средний прирост высоты растений как в контрольных вариантах, так и в вариантах с внесением гидрогеля был практически одинаков и составил от 8,0 до 9,5 см. Только в четвертом варианте, с дозой внесения гидрогеля 5 г/кг, высота растений увеличилась более чем в 2 раза за время проведения опыта. Среднее количество листьев по вариантам опыта изменялось аналогично. Увеличение площади листьев по сравнению с контролем произошло во всех изучаемых вариантах. При этом максимальное значение отмечалось в четвертом варианте – площадь листа увеличилась в 1,7 раза за период проводимых исследований.

На основании приведенных данных можно утверждать, что применение гидрогеля в смеси с торфогрунтом не оказывает негативного влияния на рост и развитие растений. Внесение гидрогеля в вариантах опыта в дозах 1 г/кг и 3 г/кг оказалось малоэффективным. В варианте с дозой внесения гидрогеля 5 г/кг наблюдался положительный эффект.

Таблица 3. Биометрические показатели растений *Pilea cadierei*
 Table 3. Biometric indicators of *Pilea cadierei* plants

№	Вариант	Средняя высота, см		Среднее кол-во листьев, шт.		Площадь листьев, мм ²	
		начало вегетации	конец вегетации	начало вегетации	конец вегетации	начало вегетации	конец вегетации
1	Контроль	11,5	21,0	5,0	9,0	3140,0	4366,0
2	Гидрогель 1 г/кг	11,5	20,8	7,0	11,0	2433,0	3980,0
3	Гидрогель 3 г/кг	11,5	19,5	6,0	10,0	2630,0	4220,0
4	Гидрогель 5 г/кг	12,8	28,3	6,0	12,0	2750,0	4810,0
	НСР ₀₅	0,02	0,51	0,02	1,33	197,0	146,0

Результаты исследований эффективности микробиологического препарата представлены в таблице 4. Наблюдения показали, что максимальное увеличение показателей наблюдалось в варианте 4, где доза гидрогеля составила 4 г/кг (2 г/сосуд). В этом варианте наблюдалось максимальное количество побегов и облиственность растений. Увеличение среднего количества листьев по отношению к контролю составило 24 шт.

Таблица 4. Биометрические показатели растений *Tradescantia zebrina*
 Table 4. Biometric indicators of *Tradescantia zebrina* plants

№	Вариант	Среднее количество побегов, шт.	Средняя длина побегов, см	Среднее количество листьев, шт.
1	Контроль	2,0	33,5	93,3
2	Контроль +МП	3,0	22,1	77,6
3	Гидрогель 2 г/кг	3,3	22,8	97,6
4	Гидрогель 4 г/кг	3,6	26,1	117,6
5	Гидрогель 2 г/кг + МП	1,6	34,1	69,6
6	Гидрогель 4 г/кг + МП	3,3	28,8	110,0
	НСР ₀₅	0,31	0,43	8,79

После проведенных опытов в вариантах 2 и 5 была выявлена неэффективность применения микробиологического препарата «Экстрасол». В вариантах, где был внесен вышеуказанный препарат, наблюдается снижение в показателях относительно контрольного варианта. Однако в 6 варианте с дозой внесения гидрогеля 4 г/кг (2 г/сосуд) и применением микробиологического препарата выявлен прирост количества побегов и листьев по отношению к контролю. Также в данном варианте наблюдалось более раннее начало фазы цветения во всех повторностях.

Из полученных данных можно предположить, что микробиологический препарат удерживается в гидрогеле и за счет этого становится доступным для растений. В случае небольших доз гидрогеля «Экстрасол» не удерживается в почве и не оказывает положительного эффекта на растения.

Выводы. В результате проведения опытов установлено, что имеется положительный эффект при выращивании декоративных растений от внесения в почвогрунт вододерживающих полимеров. Чем больше доза вносимого полимера, тем более эффективно его применение. Максимальный результат по биометрическим показателям развития растений наблюдался в варианте, где доза гидрогеля составляла 4-5 г/кг.

Исследованиями была выявлена эффективность применения микробиологического препарата «Экстрасол». В варианте с дозой внесения гидрогеля 4 г/кг (2 г/сосуд) и

применением микробиологического препарата выявлен прирост биометрических показателей по отношению к контролю. Также в данном варианте наблюдалось более раннее наступление фазы цветения, что может быть очень значимо для декоративных цветущих растений, используемых в озеленении интерьеров.

Из полученных данных можно предположить, что микробиологический препарат удерживается в гидрогеле и именно за счет возможного удержания становится доступным для растений. Также выявлена положительная динамика от применения микробиологического препарата «Экстрасол» с увеличением дозы водопоглощающего полимера.

Список источников литературы

1. Данилова Т.Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // *Агрофизика*. – 2016. – № 1. – С.8-16.
2. Данилова Т.Н., Оленченко Е.А. Оценка пролонгированного действия гидрогелей на рост, развитие и продуктивность многолетних трав // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2016. – № 2. – С. 22-25.
3. Liyuan Yan, Yan Shi. Effect of drought stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer. *Advance Journal of Food Science and Technology*. – 2013. – Vol.5(11): 1502-1504.
4. Jankowski K., Sosnowski J., Jankowska J. Effect of hydrogel and different types of fertilizers on the number of turf shoots in lawns created by monocultures of red fescue (*Festuca rubra L.*) cultivars and its mixtures. *Acta agrobotanica / Soc. botanicorum poloniae*. Lublin. – 2011. – Vol.64 (3): 109-118.
5. Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Использование гидрогелей в растениеводстве // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2018. – № 11-12. – С.59-65.
6. Myrzakhanova M.N., Kushkumbaeva A.A., Moroz S.P. Solving the problems of agricultural development in arid regions using potassium polyacrylate. *International Research and Practice Conference will be held online: "Techniques of ensuring the duration and quality of biological life at the present stage of the humanity development"*. United Kingdom. November 05–10. – 2014. – P. 11-13.
7. Годунова Е.И., Гундырин В.Н., Шкабарда С.Н. Эффективность гидрогеля на четвертый год после внесения в условиях Центрального Предкавказья // *Достижения науки и техники АПК*. – 2017. – № 5. – С.16-19.
8. Чеботарь В.К., Рафальский С.В., Ариткин А.Г., Есин В.В. Эффективность комплексного применения микробиологических препаратов при возделывании сои // *Достижения науки и техники АПК*. – 2013. – № 8. – С.23-25.
9. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Киприунушкина Е.Н. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. – 2007. – 216с.
10. Voropaeva E., Lebedeva M., Komissarova T. Use the educational resources of the botanical garden of Leningrad state university. A.S. Pushkin in the teaching disciplines of ecological and geographical focus// *17th International Conference SGEM 2017: Planetary and Geo Sciences*. – Albena, Bulgaria, 2017. P. 227-234

References

1. Danilova, T.N. (2016), Regulation of the water regime of sod-podzolic soils and the moisture supply of plants with the help of water-absorbing polymers, *Agrofizika*, no. 1, pp. 8-16. (In Russ.).
2. Danilova, T.N., Olenchenko, E.A. (2016), Evaluation of the prolonged effect of hydrogels on the growth, development and productivity of perennial grasses, *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*, no 2, pp. 22-25. (In Russ.).
3. Liyuan Yan, Yan Shi. Effect of drought stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer. *Advance Journal of Food Science and Technology*.-2013.- Vol.5(11): 1502-1504.

4. Jankowski K., Sosnowski J., Jankowska J. Effect of hydrogel and different types of fertilizers on the number of turf shoots in lawns created by monocultures of red fescue (*Festuca rubra* L.) cultivars and its mixtures. *Acta agrobotanica / Soc. botanicorum poloniae*. Lublin.-2011.-Vol.64 (3): 109-118.
5. Revenko, V.Y., Agafonov, O.M. (2018), Use of hydrogels in crop production, *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, no 11-12, pp. 59-65. (In Russ.).
6. Myrzakhanova M.N., Kushkumbaeva A.A., Moroz S.P. Solving the problems of agricultural development in arid regions using potassium the polyacrylate. International Research and Practice Conference will be held online: "Techniques of ensuring the duration and quality of biological life at the present stage of the humanity development". United Kingdom. November 05–10. – 2014. – P. 11–13.
7. Godunova, E.I., Gundyryn, V.N., SHkabarda, S.N. (2017), Hydrogel efficiency for the fourth year after application in the conditions of the Central Caucasus, *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, no 5, pp.16-19. (In Russ.).
8. СНеботар', V. K., Rafal'skij, S.V., Aritkin, A.G., Esin, V.V. (2013), Efficiency of complex application of microbiological preparations in soybean cultivation, *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, no 8, pp. 23-25. (In Russ.).
9. СНеботар', V. K., Zavalin, A. A., Kiprinushkina, E. N. (2007), Effektivnost' primeneniya biopreparata ekstrazol [The effectiveness of the use of the biopreparation extrasol], *Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimii imeni D.N. Pryanishnikova*, Moscow, Russia.
10. Voropaeva E., Lebedeva M., Komissarova T. Use the educational resources of the botanical garden of Leningrad state university. A. S. Pushkin in the teaching disciplines of ecological and geographical focus// 17th International Conference SGEM 2017: Planetary and Geo Sciences. – Albena, Bulgaria, 2017. С. 227-234

Сведения об авторах

Воропаева Елена Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры естествознания и географии, Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Ленинградской области «Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина», spin-код: 1002-0287, Scopus author ID: 57196246011, Researcher ID: AAO-5502-2021.

Ельшаева Ирина Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой экологии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 4904-7863.

Information about the authors

Elena V. Voropaeva – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the Natural Sciences and Geography department, State Autonomous Educational Institution of Higher Education of the Leningrad Region "Leningrad State University. A. S. Pushkin », spin-code: 1002-0287, Scopus author ID: 57196246011, Researcher ID: AAO-5502-2021.

Irina V. Elshaeva – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the Department of Ecology and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 4904-7863.

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 16.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 25.05.2021 г.; принята к публикации 30.05.2021 г.

The article was submitted 16.04.2021; approved after reviewing 25.05.2021; accepted after publication 30.05.2021.

Научная статья

УДК 631.416.8

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-92-100

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИНКА, КАДМИЯ И РТУТИ
ПРИ ИХ НАКОПЛЕНИИ ПШЕНИЦЕЙ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ****Марина Анатольевна Ефремова¹, Анастасия Андреевна Лохматова²**¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин,
Санкт-Петербург, 196601, Россия; marina_efremova@mail.ru;<http://orcid.org/0000-0003-1428-2750>²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин,
Санкт-Петербург, 196601, Россия; anastasiia.lokhmatova@gmail.com;<http://orcid.org/0000-0002-0807-4181>

Реферат. В литературе имеются сведения о конкурентном характере взаимодействия Zn и Cd в системе почва-растение. Влияние Zn и Cd на накопление ртути в пищевой цепи мало изучено. Цель исследований – изучить взаимодействие Zn, Cd, Hg при их накоплении яровой пшеницей из дерново-подзолистой почвы, в разной степени загрязненной цинком. В контролируемых условиях вегетационного опыта выращивалась яровая пшеница сорта Злата на дерново-подзолистой среднесуглинистой остаточно-карбонатной почве, равномерно загрязненной кадмием (3,4 ОДК) и ртутью (0,5 ПДК). Биомасса пшеницы существенно снижалась при увеличении уровня загрязнения почвы цинком от 0,4 до 1,0 ОДК. Причиной снижения биомассы пшеницы, по-видимому, явилось одновременное загрязнение почвы тремя тяжелыми металлами: Zn, Cd и Hg. При возрастании содержания цинка в почве концентрация Zn и Hg в соломе пшеницы существенно увеличивалась, концентрация Cd в соломе снижалась. Коэффициенты накопления Zn, микроэлемента питания растений, в зерне пшеницы были в 2,3 раза выше, чем в соломе. Накопление токсичных металлов Cd и Hg в зерне было в 6,6 и 13,9 раза ниже, чем в соломе. Коэффициенты накопления Hg в корнях пшеницы были в среднем в 74 раза больше, чем в зерне, и в 5 раз больше, чем в соломе. При увеличении содержания Zn в почве коэффициенты накопления Cd в соломе пшеницы достоверно снижались, отмечена тенденция снижения коэффициентов накопления Cd в зерне пшеницы. При накоплении Zn и Hg в компартментах «почва–корень», «корень–солома пшеницы», «солома–зерно пшеницы» тип взаимодействия элементов изменялся, что может быть проявлением как генетических особенностей растений, так и неполной тождественности химических связей, формируемых металлами в почве.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, пшеница, цинк, кадмий, ртуть, коэффициент накопления

Цитирование. Ефремова М.А., Лохматова А.А. Исследование взаимодействия цинка, кадмия и ртути при их накоплении пшеницей из дерново-подзолистой почвы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 92-100. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-92-100

**STUDY OF ZINC, CADMIUM AND MERCURY INTERACTION DURING THEIR
ACCUMULATION BY WHEAT FROM SODDY-PODZOLIC SOIL****Marina A. Efremova¹, Anastasiia A. Lokhmatova²**¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601,
Russia; marina_efremova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1428-2750>¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601,
Russia; anastasiia.lokhmatova@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-0807-4181>

Abstract. In the literature, there is information about the competitive interaction of Zn and Cd in the soil-plant system. The effect of Zn and Cd on mercury accumulation in the food chain is poorly understood. The aim of the research is to study the interaction of Zn, Cd, and Hg under their uptake by spring wheat from sod-podzolic soil. The sod-podzolic medium-loamy residual-carbonate soil was contaminated with zinc in

different concentrations and uniformly contaminated with cadmium and mercury. The wheat of the Zlata variety was grown in the vegetation experiment. The biomass of wheat significantly decreased with increasing in the level of soil contamination with zinc. The reason for the decrease in wheat biomass seems to be the simultaneous contamination of the soil with three heavy metals, Zn, Cd, and Hg. The concentration of Zn and Hg in wheat straw increased significantly, and the concentration of Cd in straw decreased when the zinc content in the soil became more. The coefficients of accumulation of Zn, an element of plant nutrition, in wheat grain were 2.3 times higher than in straw. The accumulation of toxic metals Cd and Hg in grain was 6.6 and 13.9 times lower than in straw. The coefficients of Hg accumulation in the wheat roots were on average 74 times greater than in the grain and 5 times greater than in straw. With an increase in the Zn content in the soil, the Cd accumulation coefficients in the wheat straw significantly decreased, and there was a tendency to decrease the Cd accumulation coefficients in the wheat grain. With the accumulation of Zn and Hg in the "soil-root", "root-wheat straw", and "straw-wheat grain" compartments, the type of interaction of these elements changed. It may be a manifestation of both the genetic characteristics of plants and the incomplete identity of the chemical bonds formed by these metals in the soil.

Keywords: *sod-podzolic soil, wheat, zinc, cadmium, mercury, accumulation coefficient*

Citation. Efremova, M.A. and Lokhmatova, A.A. (2021), "Study of zinc, cadmium and mercury interaction during their accumulation by wheat from soddy-podzolic soil", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2 pp. 92-100. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-92-100

Введение. Цинк, кадмий и ртуть широко распространены в биосфере как высокотоксичные поллютанты [1-3]. Физические и химически свойства этих металлов во многом схожи, что обусловлено их отношением к двенадцатой группе периодической системы элементов, группе цинка. Эти элементы имеют стабильную d^{10} электронную конфигурацию с заполненными подуровнями, близкие радиусы атомов и ионов, окислительно-восстановительный статус +2, невысокую электроотрицательность. Считается, что Zn, Cd и Hg имеют сходные геохимические и экологические свойства [4]. Они сопутствуют друг другу при генезисе минералов. Известно, что основная масса кадмия в природе рассеяна в сульфидах цинка и ртути.

Механизмы сорбции Zn, Cd и Hg почвой также имеют общие черты. Элементы могут быть поглощены твердой фазой почвы путем ионообменной сорбции, образовывать нерастворимые соли, минеральные и органические комплексные соединения [5]. Сульфиды и оксиды металлов этой группы практически нерастворимы в воде [6]. Ионы цинка, кадмия и ртути проявляют склонность к образованию комплексных соединений, причем для них отмечено сродство к лигандам, содержащим серу, азот и кислород. Показано [7], что ртуть образует наиболее прочные комплексы со многими лигандами, по устойчивости связи иона Hg с органическими соединениями нет равных. Кадмий более других тяжелых металлов группы цинка подвижен в почве. В составе комплексных соединений с органическими кислотами кадмий легко мигрирует по почвенному профилю и накапливается корневой системой растений. Из-за наблюдаемого дефицита цинка в клетках растений, обработанных кадмием, этот элемент охарактеризован как антиметаболит цинка [8].

По данным ряда исследований, внутри биологической клетки Zn, Cd, Hg взаимодействуют с молекулами, содержащими сульфгидрильную группу, с образованием комплексных соединений, которые в некоторых случаях могут быть полезными, а чаще токсичными для клетки метаболитами. Поэтому кадмий и ртуть называют тиоловыми ядами, в отличие от них цинк в условиях естественного фонового содержания полезен для клетки [9].

Отмеченные подобия в поведении ионов Zn, Cd, Hg в компартментах биосферы позволяют предположить наличие взаимодействия между этими металлами при их накоплении растениями из почвы. В литературе имеются сведения о конкурентном характере взаимодействия Zn и Cd в системе почва-растение, когда увеличение концентрации одного из элементов в почве снижает накопление растениями другого элемента [2, 10, 11]. Влияние Zn и Cd на накопление ртути в пищевой цепи мало изучено. Вследствие своих геохимических

особенностей ртути очень прочно удерживается в почве, по некоторым данным в равных условиях коэффициент перехода ртути в растения из почвы примерно в 40 раз меньше, чем кадмия [12]. Использование цинксодержащих удобрений и ртутисодержащих пестицидов может оказывать влияние на накопление других химических элементов группы цинка растениями из почвы. В связи с этим изучение механизма взаимодействия Zn, Cd и Hg существенно как с точки зрения получения качественной сельскохозяйственной продукции, так и для получения информации, необходимой для разработки мероприятий по фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Цель исследования – изучить взаимодействие Zn, Cd, Hg при их накоплении яровой пшеницей из дерново-подзолистой почвы в разной степени загрязненной цинком.

Материалы, методы и объекты исследований. В контролируемых условиях вегетационного опыта выращивалась яровая пшеница сорта Злата на дерново-подзолистой среднесуглинистой остаточно-карбонатной почве. Почва, сформировавшаяся на территории Ордовикского плато, характеризовалась средним содержанием органического вещества, нейтральной реакцией среды, высоким содержанием подвижного фосфора и подвижного калия (табл. 1). Таким образом, почва опыта была хорошо окультурена. Валовое содержание ртути в незагрязненной почве находилось в нижнем диапазоне фоновых значений, кадмия и цинка – выше фоновых значений, характерных для дерново-подзолистой почвы, но ниже ориентировочно-допустимой концентрации элементов (ОДК) в почве с $pH_{KCl} > 5,5$. ОДК цинка и кадмия в почве составляет соответственно 220 и 2,0 мг/кг.

Таблица 1. **Агрохимическая характеристика почвы**
Table 1. **Agrochemical characteristics of the soil**

Показатели	C _{орг}	pH _{KCl}	Hg	S	V	Подвижные соединения		Валовое содержание тяжелых металлов		
						P ₂ O ₅	K ₂ O	Cd	Hg	Zn
	%	-	ммоль/100 г		%	мг/кг				
Среднее	2,9	6,07	2,3	37,3	94,2	165	200	0,848	0,038	65,4
σ^*	0,4	-	0,1	3,1	-	11	16	0,225	0,012	5,7

* σ – стандартное отклонение

Таблица 2. **Надземная биомасса пшеницы и урожайность зерна**
Table 2. **Aboveground wheat biomass and grain yield**

Варианты	Надземная биомасса пшеницы	Масса зерна
	г/сосуд*	
1. N _{0,15} P _{0,10} K _{0,10} +Cd+Hg-фон	51,67	19,6
2. Фон+Zn ₁	40,82	14,9
3. Фон+Zn ₂	37,48	11,6
4. Фон+Zn ₃	32,65	13,4
5. Фон+Zn ₄	28,63	19,3
6. Фон+Zn ₅	22,51	6,0
Среднее	35,62±10,17	14,1±5,1
HCP ₀₅	13,564	5,90
r (с Zn в почве)	-0,878	-0,665
t _{факт} /t _{0,05} **	1,3	0,6

*г/сосуд – воздушно-сухая масса растений, HCP₀₅ — наименьшая существенная разность ($p = 0,95$), r — коэффициент корреляции между содержанием Zn в почве и биометрическими показателями пшеницы,

**t_{факт}/t_{0,05} – отношение фактического и теоретического критериев Стьюдента ($p=0,95$), если t_{факт}/t_{0,05}>1, то корреляционная связь существенна.

Схема опыта состояла из шести вариантов (табл. 2), повторность опыта – трехкратная. В качестве фона в почву были внесены макроэлементы питания растений в составе азофоски и тяжелые металлы в составе нитрата ртути и ацетата кадмия. Удобрения и растворы солей металлов были перемешаны с ней до посева пшеницы. В соответствии с рекомендациями агрохимических исследований количество питательных элементов, внесенных в почву с удобрениями, составило: N – 0,15 г д.в./кг почвы, P₂O₅ – 0,10 г д.в./кг, K₂O – 0,10 г д.в./кг [13]. Почва была загрязнена ртутью до 0,5 ПДК (1 мг Hg/ сухой почвы), кадмием – до 2,0 ОДК (4 мг Cd/кг абсолютно сухой почвы). Цинк был внесен в почву в составе водного раствора ацетата цинка. Диапазон колебаний валового содержания этого металла в почве вариантов с искусственным загрязнением составил 0,4-0,9 ОДК (табл. 2).

Яровую пшеницу выращивали в пластиковых сосудах Кирсанова. Масса почвы в сосуде – 5 кг. Влажность почвы в период роста растений поддерживалась на уровне 70% от полной полевой влагоемкости. В каждом сосуде после прореживания было оставлено по 25 растений. В фазу колошения растения были обработаны препаратом «Топаз» от мучнистой росы и препаратом «Искра» от тли.

В растениях и почве было измерено содержание Zn и Cd атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Квант-2». Пробоподготовка растений выполнена путём микроволнового разложения в азотной кислоте, с добавлением перекиси водорода, определение металлов в почве – после трехчасовой обработки почвы 5 М раствором азотной кислоты при кипячении. Содержание Hg определено на анализаторе «РА-915М» без предварительной пробоподготовки. Физико-химические методы определения агрохимических показателей почвы соответствовали методикам ГОСТ или общепринятым методикам. Полученные экспериментальные данные прошли математическую обработку методами вариационной статистики, дисперсионного и корреляционного анализов [14].

Результаты исследований. Уборка пшеницы в вегетационном опыте была проведена в фазу восковой спелости. После уборки растений из всех сосудов были отобраны почвенные образцы на определение тяжелых металлов. В вариантах с загрязнением почвы цинком его валовое содержание в почве увеличивалось от 76,6 до 196,6 мг/кг, валовое содержание кадмия варьировало в пределах 6,83±2,20 мг/кг, ртути – 1184±188 мкг/кг. Количество кадмия в почве опыта было несколько выше запланированного, что, по-видимому, связано с примесным его содержанием в азофоске (табл. 3). Такое содержание Cd в почве соответствовало степени её загрязнения 3,4 ОДК.

Увеличение содержания цинка в почве до 1,0 ОДК негативно сказалось на росте пшеницы. Общая биомасса пшеницы и масса зерна снижались при возрастании концентрации металла в почве (табл. 2). Были выявлены линейные обратные связи между этими показателями. По литературным данным [15], токсичный уровень содержания цинка в почве для сельскохозяйственных культур составляет 150-500 мг/кг. В этих условиях его токсичность выражается в негативном влиянии на метаболизм азота и фосфора, в снижении накопления железа, кальция, магния в растениях [10, 16, 17]. Однако при полиэлементном загрязнении почвы токсичное воздействие цинка на рост и развитие растений может проявляться при меньшем его содержании в среде.

Корреляционный анализ показал (табл. 3), что влияние цинка на процессы формирования зерна менее заметно, чем на нарастание биомассы пшеницы в целом.

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в почве и пшенице
 Table 3. Heavy metal content in soil and wheat

№ варианта	Содержание тяжелых металлов			
	почва	солома	зерно	корни
<i>Zn, мг/кг</i>				
1	68,7	2,16	18,5	-
2	76,6	11,1	27,3	-
3	90,0	13,3	24,5	-
4	84,3	15,8	33,8	-
5	124,2	44,1	91,6	-
6	197,6	61,2	134,8	-
$m \pm \sigma^*$	106,9±48,4	24,6±22,8	55,1±47,3	-
r (с Zn в почве)	-	0,961	0,970	-
$t_{\text{факт}}/t_{0,05}$	-	2,2	2,9	-
<i>Cd, мг/кг</i>				
1	4,61	0,522	0,079	-
2	6,86	0,612	0,085	-
3	5,72	0,462	0,079	-
4	5,54	0,537	0,082	-
5	7,43	0,612	0,064	-
6	7,82	0,432	0,070	-
$m \pm \sigma$	6,83±2,20	0,530±0,075	0,077±0,008	-
r (с Zn в почве)	0,775	-0,479	-0,692	-
$t_{\text{факт}}/t_{0,05}$	2,2	0,4	0,7	-
<i>Hg, мг/кг</i>				
1	1,09	0,058	0,013	0,462
2	1,56	-	0,008	0,612
3	1,06	0,083	0,004	0,924
4	1,15	0,094	0,006	0,368
5	1,08	0,133	0,008	0,534
6	1,17	0,136	0,008	0,682
$m \pm \sigma$	1,18±1,88	0,101±0,034	0,008±0,003	0,597±0,194
r (с Zn в почве)	-0,185	0,851	-0,208	0,233
$t_{\text{факт}}/t_{0,05}$	0,1	1,2	0,1	0,2

* m – среднее значение показателя, σ – стандартное отклонение (уровень вероятности $p=0,95$)

Цинк активно накапливался в зерне, где его концентрация в среднем была в 2,2 раза выше, чем в соломе, что можно объяснить сродством элемента к ряду ферментов, находящихся в алейроновом слое. Между содержанием Zn в зерне и соломе пшеницы и концентрацией этого элемента в почве наблюдалась тесная положительная корреляционная связь.

В отличие от цинка концентрация кадмия в соломе была в 7 раз больше, чем в зерне, концентрация ртути – в 12 раз, что, по-видимому, является проявлением генетических особенностей пшеницы.

Накопление химических элементов в растениях хорошо описывается коэффициентом накопления (КН), который представляет собой отношение концентраций элемента в растении и почве. Коэффициенты накопления цинка в зерне пшеницы были в 2,3 раза больше, чем в соломе. Однако КН Cd и Hg в зерне в 6,6 и 13,9 раза ниже. Коэффициенты накопления цинка имели самые высокие значения, что является отражением его эссенциальности.

Для токсичных тяжелых металлов (Cd, Hg) в растении есть биологические барьеры, приостанавливающие распространение элементов с целью снижения негативного воздействия. Если в соломе пшеницы КН цинка были только в 2,2 раза выше, чем КН кадмия и ртути (табл. 4), то в зерне различия между КН Zn и других тяжелых металлов значительно возросли и составили 34 раза по кадмию и 68 раз по ртути.

Таблица 4. Коэффициенты накопления тяжелых металлов в пшенице
 Table 4. Coefficients of accumulation of heavy metals in wheat

ТМ	Солома	Зерно	Корни
Zn	0,196±0,118	0,453±0,206	-
Cd	0,086±0,019	0,013±0,003	-
Hg	0,091±0,029	0,007±0,003	0,515±0,196

Содержание и коэффициенты накопления Hg в разных частях пшеницы убывали в следующем порядке: корни-солома-зерно. В корнях КН ртути были в 74 раза больше, чем в зерне, и в 6 раз больше, чем в соломе.

Коэффициенты накопления цинка в растениях увеличивались при возрастании содержания этого элемента в почве, но взаимосвязь между этими показателями не была строго прямолинейной (рис. 1), анализ результатов опыта показал, что в диапазоне концентраций цинка в почве 124,2–197,6 мг/кг его КН в зерне и соломе пшеницы не изменялись.

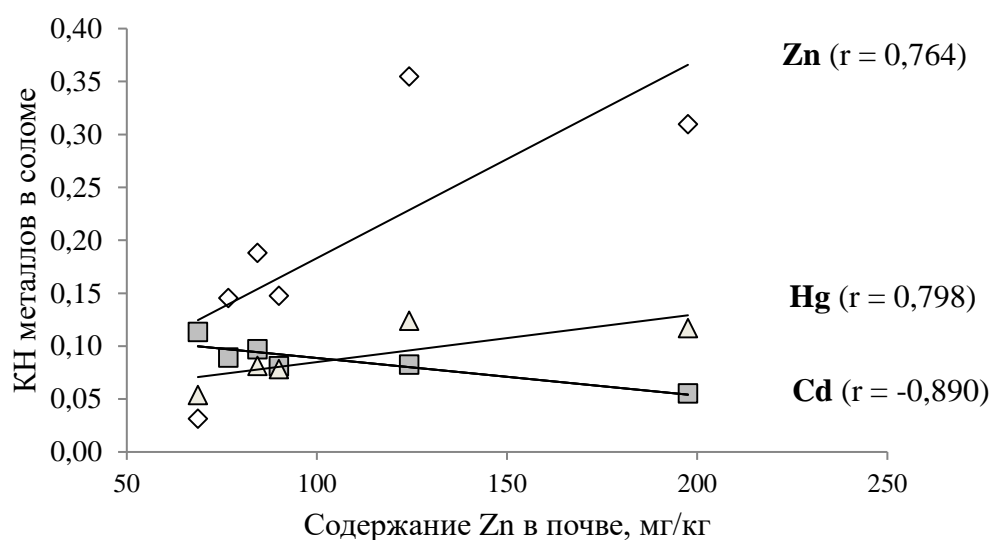


Рисунок 1. Коэффициенты накопления тяжелых металлов соломой пшеницы
 Figure 1. Coefficients of accumulation of heavy metals in the wheat straw

Увеличение степени загрязнения почвы цинком сопровождалось снижением КН кадмия в зерне и соломе пшеницы в 2 раза (рис. 1, 2), была выявлена тесная существенная корреляционная связь между этими показателями.

Концентрация и КН ртути в соломе растений возрастали при увеличении содержания цинка в почве. Можно предположить, что совместное увеличение накопления цинка и ртути в растениях привело к снижению общей биомассы пшеницы. Однако эта зависимость не проявилась в случае зерна и корней пшеницы.

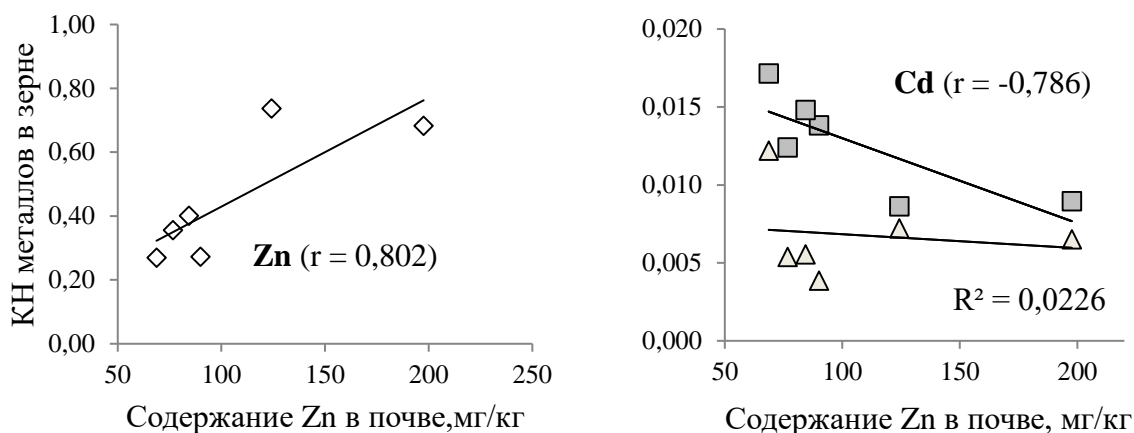


Рисунок 2. Коэффициенты накопления тяжелых металлов зерном пшеницы
Figure 2. Coefficients of accumulation of heavy metals by the wheat grain

Выводы:

1. В вегетационном опыте биомасса пшеницы сорта Злата, произрастающей на дерново-подзолистой почве, загрязненной кадмием (3,4 ОДК) и ртутью (0,5 ПДК), существенно снижалась при увеличении уровня загрязнения почвы цинком от 0,4 до 1,0 ОДК.
2. При возрастании содержания Zn в дерново-подзолистой почве накопление Zn и Hg в соломе пшеницы достоверно увеличилось. Совместное накопление этих токсикантов в растениях, по-видимому, явилось причиной снижения биомассы пшеницы.
3. Коэффициенты накопления эссенциального микроэлемента Zn в зерне пшеницы были в 2,3 раза выше, чем в соломе. Коэффициенты накопления токсичных металлов Cd и Hg в зерне были в 6,6 и 13,9 раза ниже, чем в соломе. Коэффициенты накопления Hg в корнях пшеницы были в среднем в 74 раза больше, чем в зерне, и в 5 раз больше, чем в соломе.
4. Коэффициенты накопления Cd в соломе пшеницы достоверно снижались при увеличении содержания Zn в почве, отмечена тенденция снижения КН Cd в зерне пшеницы.
5. При накоплении Zn и Hg в компартаментах «почва–корень», «корень–солома пшеницы», «солома–зерно пшеницы» форма взаимодействия элементов изменяется, что может быть проявлением как генетических особенностей растений, так и неполной тождественности химических связей, формируемых металлами в почве.

Список источников литературы

1. Алексеенко В.А., Алещукин Л.В., Безпалько Л.Е., Добровольский В.В. Цинк и кадмий в окружающей среде. – М.: Наука, 1992. – 200 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Свойства тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Агрохимия. – 2009. – № 8. – С. 85 – 94.
3. Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска // Агрохимия. – 2000. – № 1. – 66 – 73 с.
4. Nan Z., Zhang J., Cheng G. Cadmium and Zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions// The Science of the total environment. – 2002. – V.285, pp. 187 – 195.
5. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Под ред. Зырина Н.Г., Садовниковой Л.К. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 208 с.
6. Шоу Б.П., Прасад М.Н.Б., Джа В.К., Саху Б.Б. Механизмы детоксикации и защиты растений, подвергнутых действию металлов // Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / под ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджвана, Р.Найду. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – С.340 – 381.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Das P., Samantaray S., Rout G.R. Studies on cadmium toxicity in plants: a review // Environmental Pollution. – 1997. – V.98, pp. 29 – 36.

9. Sanita Di Toppi L., Prasad M.N.V., Ottonello S. Metal chelating peptides and proteins in plants // *Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants* / Ed. by M.N.V. Prasad, K. Strzalka. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. – 2002, pp. 59 – 93.
10. Bjerre G., Schierup H.H. Uptake of six heavy metals by oat as influenced by soil type and additions of cadmium, lead, zinc and copper / *Plant and Soil*. – 1985. – V. 88, pp. 57 – 69.
11. Гладков Е.А. Оценка комплексной фитотоксичности тяжелых металлов и определения ОДК для цинка и меди // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – №6. – С. 94 – 99.
12. Zhong-Sheng Z., Xian-Guo L., Qi-Chao W., Dong-Mei Z. Mercury, cadmium and lead biochemistry in the soil-plant-insect system in Huludao City / *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2009. – V. 83, pp. 255 – 259.
13. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. – М.: Наука, 1968. – 266 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов. Т.1. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. – 316 с.
16. Xiaomei X., Min L., Aili M., Haijun Z. Effects of contamination of single and combined cadmium and mercury on the soil microbial community structural diversity and functional diversity / *Chinese Journal of Geochemistry*. – 2011. – V.30, pp. 366 – 374.
17. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.

References

1. Alekseenko, V.A., Aleshukin, L.V., Bezpalko, L.E., Dobrovolskiy, V.V., (1992) *Cink i kadmij v okruzhayushhej srede* [Zinc and cadmium in the environment], Nauka, Moscow, Russia.
2. Vodyanickij, Yu.N. (2009), “Properties of heavy metals and metalloids in soils”, *Agroximiya*, no 8, pp. 85 – 94 (In Russ.).
3. Il'in, V.B., Bajdina, N.L., Konarbaeva, G.A., Cherevko, A.S. (2000) “Heavy metal content in soils and plants of Novosibirsk”, *Agroximiya*, no 1, pp. 66 – 73. (In Russ.).
4. Nan, Z., Zhang, J., Cheng, G. (2002), Cadmium and Zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions, *The Science of the total environment*, V.285, pp. 187 – 195.
5. *Ximiya tyazhelyx metallov, mysh`yaka i molibdena v pochvax* [Chemistry of heavy metals, arsenic and molybdenum in soils] (1985), edited by N.G. Zyrin, L.K. M. Sadovnikova: Izd-vo MGU.
6. Shou, B.P., Prasad, M.N.B., Dzha, V.K., Saxu, B.B. (2009), “Mexanizmy` detoksikacii i zashhity` rastenij, podvergnuty`x dejstviyu metallov” *Trace elements in the environment*, edited by M.N.V. Prasad, K.S. Sadzhvan, R.Najdu, Fizmatlit, Moscow, Russia, pp.340 –381. (In Russ.).
7. Kabata-Pendias, A., Pendias, X. (1989) *Mikroelementy` v pochvax i rasteniyax* [Trace elements in soils and plants], Mir, Moscow, Russia.
8. Das, P., Samantaray, S., Rout, G.R. (1997), Studies on cadmium toxicity in plants: a review, *Environmental Pollution*, V.98, pp. 29-36.
9. Sanita, Di Toppi, L., Prasad, M.N.V., Ottonello, S. (2002), “Metal chelating peptides and proteins in plants”, *Physiology and Biochemistry of Metal Toxicity and Tolerance in Plants* / Ed. by M.N.V. Prasad, K. Strzalka. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 59-93.
10. Bjerre, G., Schierup, H.H. (1985). Uptake of six heavy metals by oat as influenced by soil type and additions of cadmium, lead, zinc and copper, *Plant and Soil*, V. 88, pp. 57-69.
11. Gladkov, E.A. (2010), “Estimation of complex phytotoxicity of heavy metals and determination of admissible concentration for zinc and copper”, *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*, no. 6, pp. 94-99. (In Russ.).
12. Zhong-Sheng, Z., Xian-Guo, L., Qi-Chao, W., Dong-Mei, Z. (2009) Mercury, cadmium and lead biochemistry in the soil-plant-insect system in Huludao City, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, V. 83, pp. 255-259.
13. Zhurbiczkij, Z.I. (1968), *Teoriya i praktika vegetacionnogo metoda* [Theory and practice of the vegetation method], Nauka, Moscow, Russia.
14. Dospekhov, B.A. (1985), *Metodika polevogo opyta* [Field experience methodology]. Agropromizdat, Moscow, Russia.

15. Milashhenko, N.Z., Sokolov, O.A., Brajson, T., Chernikov, V.A. (2000) *Ustojchivoe razvitie agrolandshaftov* [Sustainable development of agricultural landscapes], T.1.: ONTI PNCz RAN, Pushhino, Russia.
16. Xiaomei, X., Min, L., Aili, M., Haijun, Z. (2011), Effects of contamination of single and combined cadmium and mercury on the soil microbial community structural diversity and functional diversity, *Chinese Journal of Geochemistry*, V.30, pp. 366–374.
17. Koshkin, E.I. (2010), *Fiziologiya ustojchivosti sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur* [Physiology of crop stability], Drofa, Moscow, Russia

Сведения об авторах

Ефремова Марина Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5018-1583.

Лохматова Анастасия Андреевна – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3435-4014.

Information about the authors

Marina A. Efremova – candidate of Biological Sciences, docent, associate professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5018-1583.

Anastasiia A. Lokhmatova – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 3435-4014.

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 21.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 18.05.2021 г.; принята к публикации 30.05.2021 г.

The article was submitted 21.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted after publication 30.05.2021.

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ:
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ
AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE
AND ANIMAL SCIENCE**

Научная статья

УДК 636.082.2

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-101-109

**ПЛЕМЕННАЯ ЦЕННОСТЬ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ
ПОРОДЫ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Светлана Александровна Брагинец¹, Анна Юрьевна Алексеева²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1544-0853>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-3683-4325>

Реферат. В статье рассматриваются результаты использования быков-производителей голштинской породы различного происхождения в ведущих племенных заводах Ленинградской области: СПК ПЗ «Детскосельский», АО ПЗ «Ленинский путь», ЗАО ПЗ «Приневское», АО ПЗ «Расцвет». Проанализирована молочная продуктивность коров-дочерей быков-производителей, рожденных в США, Канаде, Нидерландах, Ленинградской области. Рассчитаны селекционно-генетические параметры основных показателей молочной продуктивности голштинской популяции исследуемых племенных заводов.

В анализируемых стадах в основном использовались быки-производители американской селекции. Установлено, что самым высоким удоем отличались дочери быков американской селекции – 9562 кг в среднем по всем исследуемым хозяйствам. Второе место принадлежит потомкам голландских быков – 9372 кг молока. Дочери канадских производителей уступают по надою – 9313 кг, но превосходят всех остальных по жирности молока – 3,91%. Коровы, полученные от быков отечественной селекции, показали самый низкий надою – в среднем 9065 кг молока, МДЖ – 3,86%, МДБ – 3,18%.

Коэффициент изменчивости удоя в анализируемых стадах находится в диапазоне от 12,4% до 15,6%. Коэффициент изменчивости содержания жира и белка значительно ниже (от 3,8% до 7,2%). Коэффициент корреляции удои-МДЖ находится в диапазоне от -0,339 до -0,0239; удои-МДБ – от -0,320 до -0,096. Корреляция между содержанием жира и белка в молоке положительна (+0,119; +0,488). Коэффициент наследуемости удоя составляет от 0,13 до 0,28; содержания жира и белка в молоке – соответственно 0,16-0,31 и 0,21-0,34.

На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что голштинские быки-производители, используемые в племенных заводах Ленинградской области, имеют высокую племенную ценность и обладают хорошей передающей способностью признаков молочной продуктивности.

Ключевые слова: *молочное скотоводство, быки-производители, молочная продуктивность*

Цитирование. Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Племенная ценность быков-производителей голштинской породы различного происхождения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (63). – С. 101-109. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-101-109

BREEDING VALUE OF HOLSTEIN-BRED BULLS OF VARIOUS ORIGINS

Svetlana A. Braginetz¹, Anna Yu. Alekseeva²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; genetikaspbgau@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1544-0853>

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; genetikaspbgau@mail.ru; [http:// orcid.org/0000-0003-3683-4325](http://orcid.org/0000-0003-3683-4325)

Abstract. the article considers the results of the use of Holstein bulls of various origins in the leading breeding plants of the Leningrad region-SPK PZ "Detskoselsky", JSC PZ "Leninsky Put", JSC PZ "Prinevskoe", JSC PZ "Rastsvet". The dairy productivity of cows-daughters of bulls-producers born in the USA, Canada, the Netherlands, and the Leningrad region is analyzed. The selection and genetic parameters of the Holstein population of the studied breeding plants were calculated.

In the analyzed herds, mainly American-bred bulls were used. It was found that the highest milk yield was distinguished by the daughters of American – bred bulls – 9562 kg on average for all the studied farms. The second place belongs to the descendants of Dutch bulls – 9372 kg of milk. The daughters of Canadian producers are inferior in milk yield – 9313 kg, but surpass all others in fat content of milk-3.91%. Cows obtained from domestic breeding bulls showed the lowest milk yield-on average, 9065 kg of milk, milk fat 3.86%, milk protein 3.18%.

The coefficient of milk yield variability in the analyzed herds ranges from 12.4% to 15.6%. The coefficient of variability of the fat and protein content is significantly lower (from 3.8% to 7.2%). The correlation coefficient of milk yield-milk fat is in the range from -0.339 to -0.0239; milk yield-milk protein is from -0.320 to -0.096. The correlation between the fat and protein content in milk is positive (+0.119; +0.488). The milk yield heritability coefficient ranges from 0.13 to 0.28; the fat and protein content in milk is 0.16-0.31 and 0.21-0.34, respectively.

Based on the conducted research, it is concluded that the Holstein bulls used in breeding plants of the Leningrad region have a high breeding value for milk productivity and have a good transmitting ability.

Keywords: dairy cattle breeding, bulls-producers, dairy productivity

Citation. Braginets, S.A., Alekseeva, A.Y. (2021), «Breeding value of holstein-bred bulls of various origins», *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no.2, pp. 101-109. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-101-109

Введение. На протяжении последних десятилетий для улучшения племенных и продуктивных качеств отечественной черно-пестрой породы скота используются быки-производители голштинской породы. Наряду с высоким потенциалом молочной продуктивности эти животные устойчиво передают потомству желательный экстерьер и хорошую приспособленность к промышленной технологии получения молока [1, 2, 3].

Оценивая результаты использования голштинской породы в нашей стране, можно с уверенностью сказать, что наибольших успехов добились селекционеры Ленинградской области [4, 5, 6].

Цель исследования – проанализировать результаты использования быков-производителей голштинской породы различного происхождения в ведущих племенных заводах Ленинградской области.

Материалы, методы и объекты исследований. Объектом исследований послужили стада высокопродуктивного молочного скота ведущих хозяйств Ленинградской области – СПК ПЗ «Детскосельский», АО ПЗ «Ленинский путь», ЗАО ПЗ «Приневское», АО ПЗ «Расцвет». Для проведения исследований в качестве материала были использованы сводные бонитировочные отчеты (2013-2020 гг.) и анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

Нами была проанализирована молочная продуктивность коров-дочерей быков-производителей, рожденных в США, Канаде, Нидерландах, Ленинградской области, рассчитаны селекционно-генетические параметры голштинской популяции исследуемых племенных заводов.

Расчет селекционно-генетических параметров осуществляли с помощью пакета анализа данных MS EXCEL [7].

Результаты исследований. По итогам 2020 года 18 племенных заводов получили свыше 10 000 кг молока на корову, 5 хозяйств перешагнули 12-тысячный рубеж, из них 4 получили более 13 000 кг молока. Абсолютный рекорд продуктивности в Ленинградской области достигнут в АО ПЗ «Гомонтово». В этом хозяйстве в 2020 году от 967 голштинских коров было получено 13734 кг молока жирностью 3,82% и белковостью 3,33% (табл.1).

Таблица 1. Лучшие хозяйства Ленинградской области по удою коров за 305 дней последней законченной лактации*

Table 1. The best farms of the Leningrad region for milk yield of cows for 305 days of the last completed lactation*

Название хозяйства	Всего, гол.	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг
АО ПЗ «Гомонтово»	967	13734	3,82	524,4	3,33	457,4
ЗАО ПЗ «Рабитицы»	1208	13508	3,97	536,5	3,19	431,2
АО ПЗ «Раздолье»	535	13230	3,94	521,4	3,31	438,2
АО ПЗ «Гражданский»	933	13016	3,90	507,5	3,30	430,1
АО «Гатчинское»	624	12267	3,88	475,5	3,40	416,6

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

О потенциальных возможностях племенных коров, принадлежащих хозяйствам Ленинградской области, свидетельствуют данные о продуктивности коров-рекордисток голштинской породы (табл. 2).

Таблица 2. Молочная продуктивность лучших коров Ленинградской области за 305 дней лактации (2020 г.) *

Table 2. Milk productivity of the best cows of the Leningrad region for 305 days of lactation (2020) *

Кличка коровы	Инв. номер коровы	Хозяйство	Номер максимальной лактации	Продуктивность за 305 дней лактации		
				Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Зарница	1555	АО ПЗ «Гомонтово»	3	20580	3,69	3,30
Бодрая	47	АО ПЗ «Гомонтово»	3	19784	3,69	3,35
Искорка	2826	ЗАО ПЗ «Рабитицы»	3	19541	3,87	3,20
Волна	1419	ЗАО ПЗ «Рабитицы»	5	19359	4,05	3,20
Гитара	817	АО ПЗ «Гомонтово»	5	19317	3,80	3,38

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

Рекордный удой был получен в АО ПЗ «Гомонтово». От коровы Зарница 1555 за 305 дней 3-й лактации было получено 20580 кг молока с содержанием жира 3,69% и содержанием белка 3,30%. При этом количество молочного жира составило 758,5 кг, молочного белка – 678,6 кг.

Максимальная пожизненная продуктивность в 2020 году отмечена у коровы Слезинка 20, принадлежащей АО ПЗ «Гражданский». За 10 лактаций она дала 128851 кг молока при сумме жира и белка 9242,2 кг.

В селекции молочного скота основную долю генетического прогресса в продуктивности обеспечивают быки-производители, что обусловлено возможностью более жесткого их отбора и последующего широкого использования [2, 8, 9].

Хозяйства Ленинградской области в своих молочных стадах используют сперму голштинских быков-производителей преимущественно из США и Канады, в меньшей степени из Нидерландов и Германии. Используются также отечественные быки, полученные от выдающихся зарубежных производителей и коров-рекордисток, принадлежащих нашим племязаводам [1, 2, 4, 10].

Для сравнения эффективности использования голштинских быков-производителей различного происхождения была проанализирована молочная продуктивность их дочерей в племенных заводах «Детскосельский», «Ленинский путь», «Приневское», «Расцвет». Указанные хозяйства отличаются прогрессивными технологиями и высоким уровнем ведения племенного животноводства. Молочная продуктивность коров, по данным бонитировки 2020 года, представлена в таблице 3.

Таблица 3. Молочная продуктивность коров за 305 суток последней законченной лактации^{***}
 Table 3. Dairy productivity of cows for 305 days of the last completed lactation^{***}

Хозяйство	Голов	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг
СПК ПЗ «Детскосельский»	1162	10620	4,01	425,9	3,06	324,9
АО ПЗ «Ленинский путь»	716	9328	3,99	372,2	3,18	296,6
ЗАО ПЗ «Приневское»	660	10439	3,81	397,7	3,27	341,4
АО ПЗ «Расцвет»	547	10226	3,80	388,6	3,41	348,7

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

** Производственные и зоотехнические отчеты СПК «ПЗ «Детскосельский» за 2013-2019 гг.

В последние годы (2013-2020) в исследуемых стадах использовались чистопородные быки голштинской породы американской, канадской, голландской, немецкой и отечественной селекции (табл. 4).

Наибольшее количество быков-производителей происходит из США: 37,3% – в СПК ПЗ «Детскосельский», 40,9% – в ПЗ «Ленинский путь», 47,4% – в ПЗ «Приневское», 52,2% – в ПЗ «Расцвет».

Таблица 4. Распределение голштинских быков-производителей по происхождению^{***}
 Table 4. Distribution of Holstein breeding bulls by origin^{***}

Происхождение быков	Число быков	%
СПК ПЗ «Детскосельский»		
США	57	37,3
Канада	35	22,9
Нидерланды	27	17,7
Германия	13	8,5
Ленинградская область	21	13,7

Продолжение таблицы 4

АО ПЗ «Ленинский путь»		
США	52	40,9
Канада	36	28,4
Нидерланды	33	26,0
Германия	1	0,8
Ленинградская область	5	3,9
ЗАО ПЗ «Приневское»		
США	74	47,4
Канада	36	23,1
Нидерланды	29	18,6
Ленинградская область	17	10,9
АО ПЗ «Расцвет»		
США	48	52,2
Канада	14	15,2
Нидерланды	23	25,0
Германия	2	2,2
Ленинградская область	5	5,4

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

** Производственные и зоотехнические отчеты СПК «ПЗ «Детскосельский» за 2013-2019 гг.

подавляющее большинство используемых быков принадлежат к двум ведущим линиям голштинской породы – Рефлекшн Соверинга 198998 и Вис Айдиала 933122.

Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства в зависимости от их происхождения представлены в таблице 5.

Самым высоким удоем отличались дочери быков американской селекции – 9562 кг в среднем по всем исследуемым хозяйствам. Второе место принадлежит потомкам голландских быков – 9372 кг молока. Дочери канадских производителей уступают по надою – 9313 кг, но превосходят всех остальных по жирности молока – 3,91%. Коровы, полученные от быков отечественной селекции, показали самый низкий надой – в среднем 9065 кг молока при жирности 3,86% и содержании белка 3,18%. Однако следует отметить, что производители, выведенные в Ленинградской области, безусловно, будут представлять интерес для хозяйств других регионов нашей страны, имеющих гораздо более скромную продуктивность в своих стадах.

Многие из оцененных быков являются потомками выдающихся родоначальников, которые внесли наибольший вклад в мировую селекцию голштинского скота. Это производители О-Мен 122358313, Шоттл 598172, Голдвин 10705608. Анализ молочной продуктивности в наших хозяйствах показал, что наилучшие результаты получены от сыновей О-Мена 122358313. От 184 их дочерей в среднем получено 10147 кг молока жирностью 3,75% и содержанием белка 3,28%. Наименьшей продуктивностью отличались дочери потомков Голдвина 10705608, однако во всех племенных заводах отмечено, что эти коровы выделяются отличным экстерьером и хорошей приспособленностью к промышленной технологии. Их средняя высота в холке достигает 145 см, они имеют ярко выраженный молочный тип, гармоничное ваннообразное вымя с хорошим прикреплением и правильно расставленными сосками. Коровы, полученные от сыновей Голдвина 10705608, неоднократно и успешно участвовали в выставке племенных животных Ленинградской области «Белые ночи».

Таблица 5. Оценка быков-производителей различного происхождения
 по молочной продуктивности дочерей**

Table 5. Evaluation of breeding bulls of various origins on the milk productivity of their daughters**

Хозяйство	Страна происхождения	Число быков	Удой, кг	Молочный жир, кг	МДЖ, %	МДБ, %	+/- к сверстницам			
							Удой, кг	Молочный жир, кг	МДЖ, %	МДБ, %
ПЗ «Детско-сельский»	США	57	9033	360,4	3,99	3,28	+129	+5,1	+0,0 1	- 0,01
ПЗ «Ленинский путь»		35	10284	393,3	3,84	3,26	+364	+11,6	-0,02	- 0,02
ПЗ «Приневское»		38	9009	334,2	3,71	3,14	+127	+5,3	+0,0 1	- 0,01
ПЗ «Расцвет»		28	10848	384,9	3,55	3,17	+137	+2,0	-0,03	- 0,03
Итого		158	9562	364,6	3,82	3,20	+187	+6,3	0,00	- 0,02
ПЗ «Детско-сельский»	Нидерланды	27	8652	347,8	4,02	3,34	-93	-2,5	+0,0 2	+0,0 1
ПЗ «Ленинский путь»		10	9956	386,4	3,88	3,30	+87	+22,8	0,00	+0,0 1
ПЗ Приневское»		14	8803	325,9	3,70	3,16	-95	-3,0	+0,0 1	+0,0 2
ПЗ «Расцвет»		15	10678	383,3	3,59	3,24	-50	+1,3	+0,0 3	+0,0 2
Итого		66	9372	358,9	3,83	3,26	-60	-1,1	+0,0 1	+0,0 1
ПЗ «Детско-сельский»	Канада	35	8920	361,2	4,05	3,32	-88	-0,8	+0,0 3	+0,0 2
ПЗ «Ленинский путь»		27	9694	380,9	3,94	3,24	-82	-0,5	+0,0 3	+0,0 2
ПЗ «Приневское»		11	8578	317,5	3,71	3,18	-336	-11,8	+0,0 1	+0,0 4
ПЗ «Расцвет»		13	10407	375,2	3,61	3,26	-294	-7,3	+0,0 3	+0,0 5
Итого		86	9313	364,1	3,91	3,28	-147	-2,8	+0,0 3	+0,0 3
ПЗ «Детско-сельский»	Ленинградская область	21	8748	349,0	3,99	3,21	-116	-10,6	-0,02	- 0,01
ПЗ Приневское»		6	8771	317,2	3,62	3,09	-117	-11,3	-0,08	- 0,06
ПЗ «Расцвет»		3	11487	395,6	3,45	3,13	+517	+8,8	-0,08	- 0,07
Итого		30	9065	348,4	3,86	3,18	-120	-8,5	-0,04	- 0,02

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

** Производственные и зоотехнические отчеты СПК «ПЗ «Детскосельский» за 2013-2019 гг.

При проведении отбора необходимо учитывать неравномерное развитие отбираемого признака у различных особей в стаде, его изменчивость. Известно, что величина развития признаков лишь частично зависит от наследственных особенностей животных; в той или иной степени уровень их развития зависит от разнообразных влияний факторов внешней среды. Это, прежде всего, относится к большинству количественных признаков у крупного рогатого скота (живая масса, удой, содержание жира и белка в молоке). В реальных условиях изменчивость этих признаков в значительной степени обусловлена влиянием средовых факторов. Для отбора представляет интерес только та часть изменчивости, которая обусловлена различиями в наследственности животных.

Для оценки селекционно-генетических параметров голштинской популяции исследуемых племенных заводов определены изменчивость селекционных признаков и корреляционные связи между основными селекционируемыми признаками. Для оценки селекционно-генетических параметров были проанализированы данные показателей молочной продуктивности 6051 коровы (2013-2020 гг.) (табл. 6).

Величина удоя является наиболее вариабельным показателем молочной продуктивности. У коров племенных заводов коэффициент изменчивости удоя составил 14,4% – в СПК ПЗ «Детскосельский», 15,6% – в АО ПЗ «Ленинский путь», 14,3% – в ЗАО ПЗ «Приневское» и 12,4% – в АО ПЗ «Расцвет». Коэффициент изменчивости содержания молочного жира и белка значительно ниже (от 3,8% до 7,2%). Следует отметить, что скот исследуемых племенных заводов характеризуется достаточной изменчивостью основных признаков для проведения эффективной селекции по ним.

Таблица 6. Селекционно-генетические параметры признаков молочной продуктивности***
 Table 6. Selection and genetic parameters of milk productivity traits***

Селекционно-генетические параметры	Признаки	Хозяйство			
		СПК ПЗ «Детскосельский»	АО ПЗ «Ленинский путь»	ЗАО ПЗ «Приневское»	АО ПЗ «Расцвет»
Коэффициент изменчивости (C _v)	n	2282	1203	1471	1095
	удой, кг	14,4	15,6	14,3	12,4
	% жира	5,8	6,3	5,1	7,2
	% белка	4,2	4,3	3,8	5,7
Коэффициент корреляции (r)	удой-жир	-0,286	-0,277	-0,239	-0,339
	удой-белок	-0,241	-0,096	-0,272	-0,320
	жир-белок	+0,402	+0,119	+0,488	+0,418
Наследуемость по отцу (h ²)	удой, кг	0,28	0,20	0,13	0,17
	% жира	0,31	0,23	0,18	0,16
	% белка	0,34	0,32	0,21	0,32

* Анализ бонитировки крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности в племенных хозяйствах Ленинградской области за 2020 год, ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР».

** Производственные и зоотехнические отчеты СПК «ПЗ «Детскосельский» за 2013-2019 гг.

Взаимосвязь между количественными и качественными показателями молочной продуктивности традиционно отрицательная, и в наших хозяйствах колеблется от -0,339 до -0,096. Корреляция между содержанием молочного жира и белка в молоке положительная; наибольшее значение этого показателя отмечено в ЗАО ПЗ «Приневское» (+0,488), наименьшее – в АО ПЗ «Ленинский путь» (+0,119).

На эффективность отбора значительное влияние оказывает величина наследуемости признака. Коэффициент наследуемости основных показателей молочной продуктивности, согласно данным таблицы 6, находится на уровне средних значений. Величина h² удоя

составляет от 0,13 до 0,28; h^2 содержания молочного жира и белка в молоке – соответственно 0,16-0,31 и 0,21-0,34.

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что голштинские быки-производители, используемые в племенных заводах Ленинградской области, имеют высокую племенную ценность и обладают хорошей передающей способностью признаков молочной продуктивности.

Список источников литературы

1. Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Молочная продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров в зависимости от происхождения их отцов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 44. – С. 67-72.
2. Баранова А.Ю., Брагинец С.А. Племенная ценность быков-производителей различного происхождения, используемых в стаде ЗАО «Племенной завод Приневское» // Вестник студенческого научного общества СПбГАУ. – 2018. – №9, Вып. 1. – С.143-146.
3. Костомахин Н.М., Габедова М.А., Воронкова О.А. Молочная продуктивность и продолжительность хозяйственного использования голштинизированных коров разной линейной принадлежности // Главный зоотехник. – 2018. – №4. – С. 3-9.
4. Егиазарян А.В., Конюшко И.В., Трусова Л.Ю. На передовых рубежах племенной работы в молочном скотоводстве Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – №5. – С. 9-12.
5. Прохоренко П.Н. Создание региональной высокопродуктивной популяции голштинизированного черно-пестрого скота // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: Материалы международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 51-55.
6. Прохоренко П. Голштинская порода и ее влияние на генетический прогресс продуктивности черно-пестрого скота европейских стран и Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – №2. – С. 2-6.
7. Грачев В.С. Биометрическая обработка данных зоотехнического учета средствами EXCEL с использованием пакета анализа. – СПб., 2012. – 48 с.
8. Казаровец Н.В., Шейко И.П., Павлова Т.В. Эволюция селекционного процесса по воспроизводству отечественных быков-производителей в Республике Беларусь // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58, № 4. – С.455-471.
9. Лебедев С.Г., Минаков В.Н., Пилецкий И.В., Лебедева В.В. Оценка быков-производителей разной селекции по воспроизводительной способности в РУСП "Минское племпредприятие" // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – №2 (11). – С. 59-64.
10. Алексеева А.Ю. Сравнительная эффективность использования быков-производителей голштинской породы различного происхождения в племенных заводах Ленинградской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук / РГАУ МСХА им. К.А Тимирязева. – М., 2017. – 22 с.

References

1. Braginet, S. A., Alekseeva, A. Yu. (2016) "Dairy productivity and duration of economic use of cows depending on the origin of their fathers", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no 44, pp. 67-72.
2. Baranova, A. Yu., Braginet, S. A. (2018) "Breeding value of bulls-producers of various origin, used in the herd of JSC "Breeding plant Prinevskoe", *Bulletin of the Student Scientific Society of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 9, Issue 1, pp. 143-146.
3. Kostomakhin, N. M., Gabedava, M. A., Voronkova, O. A. (2018) "Dairy productivity and duration of economic use of holstinized cows of different linear affiliation", *Chief animal technician*, no. 4, pp. 3-9.
4. Yegiazaryan, A. V., Konyushko, I. V., Trusova, L. Yu. (2015) "On the front lines of breeding work in dairy cattle breeding of the Russian Federation", *Dairy and meat cattle breeding*, no. 5, pp. 9-12.
5. Prokhorenko, P. N. (2018) "Creation of a regional highly productive population of Holstein black-and-white cattle", *Proceedings of the international scientific and practical conference "Feed*

production, productivity, longevity and animal welfare", Novosibirsk, Russia, 25 October 2018, pp. 51-55.

6. Prokhorenko, P. (2013) "Holstein breed and its influence on the genetic progress of productivity of black-and-white cattle of European countries and the Russian Federation", *Dairy and meat cattle breeding*, no. 2, pp. 2-6.
7. Grachev, V.S. (2012) "Biometricheskaya obrabotka dannyh zootekhnicheskogo ucheta sredstvami EXCEL s ispol'zovaniem paketa analiza", SPb, 48 p.
8. Kazarovets, N.V., Sheyko, I.P., Pavlova, T.V. (2020) "Evolution of breeding process for reproduction of domestic producing bulls in the Republic of Belarus", *News of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural Sciences Series*, vol. 58, no. 4, pp. 455-471.
9. Lebedev, S.G., Minakov, V.N., Pilecki, I.V., Lebedeva, V.V. (2019) "Evaluation of bulls-producers of different selection on reproduction ability in RUSP "Minsk plempredpriyatie", *Veterinary Journal of Belarus*, no. №2 (11), pp. 59-64.
10. Alekseeva, A. Yu. (2017) "Comparative efficiency of the use of Holstein bulls of different origin in breeding plants of the Leningrad region", Abstract of Ph.D. dissertation, K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy of Agriculture, Moscow.

Сведения об авторах

Брагинец Светлана Александровна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6148-3951.

Алексева Анна Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5466-8725.

Information about the authors

Svetlana A. Braginetz - Candidate of Biological Sciences, docent, Head of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6148-3951.

Anna Yu. Alekseeva - Candidate of Agricultural Sciences, docent, docent of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 5466-8725.

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 09.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 05.05.2021 г.; принята к публикации 11.05.2021 г.

The article was submitted 09.04.2021; approved after reviewing 05.05.2021; accepted after publication 11.05.2021.

Научная статья

УДК 631.1

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-110-117

РАЗВИТИЕ ЖИВОТНОВОДСТВА В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**Юлия Александровна Нестерова¹, Мария Алексеевна Гринчук², Наталья Борисовна Рыбалова³**¹Калининградский государственный технический университет, Советский проспект, д. 1, г. Калининград, 236022, Россия; kaf-zoo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9457-4958>;²Калининградский государственный технический университет, Советский проспект, д. 1, г. Калининград, 236022, Россия; kaf-zoo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0899-6247>³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; wba2009@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5545-6898>

Реферат. Актуальность работы заключается в необходимости обеспечения Калининградской области собственной животноводческой продукцией. Цель исследований – провести анализ статистических данных для оценки уровня реализации государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы». Исследования проводились на основе данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат). Объект исследований – животноводство Калининградской области. Результаты исследований показали, что численность поголовья крупного рогатого скота в области растет и к концу 2019 г. составила 154,2 тыс. голов. Производство молока к началу 2020 г. по сравнению с 2013 годом увеличилось на 34,8 тыс. т, или почти на 23,3%. Надой молока на одну корову в сельскохозяйственных организациях Калининградской области выше, чем в среднем по России. Рост поголовья свиней стабильно продолжался до 2018 г., затем численность животных резко сократилась в результате эпидемии африканской чумы свиней и мероприятий, проводимых по ее ликвидации и распространению. Максимальная численность овец и коз за исследуемый период пришлась на 2016 г. со значением 96,3 тыс. голов, минимальная – на 2019 г. с 81,5 тыс. голов. Наибольшее увеличение поголовья птицы отмечено в 2018 г., прирост составил 759 тыс. голов, в 2019 г. численность птицы уменьшилась на 113 тыс. голов (3,5%). Объем производства яиц в Калининградской области достаточно стабилен, в период 2015-2018 гг. динамика этого показателя была положительной, наибольшее увеличение зафиксировано в 2018 г., когда объем производства достиг 265,2 млн. штук. Таким образом, темпы роста производства продукции животноводства в Калининградской области за анализируемый период указывают на успешную реализацию программы развития сельского хозяйства.

Ключевые слова: животноводство, развитие сельского хозяйства, динамика, производство животноводческой продукции

Цитирование. Нестерова Ю.А., Гринчук М.А., Рыбалова Н.Б. Развитие животноводства в Калининградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (63). – С. 110-117. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-110-117

ANIMAL HUSBANDRY DEVELOPMENT IN KALININGRAD REGION**Yulia A. Nesterova¹, Maria A. Grinchuk², Natalia B. Rybalova³**¹Kaliningrad State Technical University, Sovetsky prospect, 1, Kaliningrad, 236022, Russia; kaf-zoo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9457-4958>; <http://orcid.org/0000-0003-0899-6247>²Kaliningrad State Technical University, Sovetsky prospect, 1, Kaliningrad, 236022, Russia; kaf-zoo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9457-4958>; <http://orcid.org/0000-0003-0899-6247>³Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; wba2009@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-5545-6898>

Abstract. The relevance of the work is the need to provide the Kaliningrad region with its own livestock products. The purpose of the research is to analyze statistical data to assess of the implementation level of the state program "Development of agriculture and regulation of the markets of agricultural products,

raw materials and food for 2013-2020". The research was carried out on the basis of data from the territorial body of the Federal State Statistics Service for the Kaliningrad Region (Kaliningradstat). The research object is animal husbandry in the Kaliningrad region. The research results showed that the number of cattle in the region is growing and by the end of 2019 amounted to 154.2 thousand heads. Milk production by the beginning of 2020 compared to 2013 increased by 34.8 thousand tons, or almost 23.3%. Milk yield per cow in agricultural organizations of the Kaliningrad region is higher than the average for Russia. The growth in the number of pigs continued until 2018, then the number of animals dropped sharply as a result of the African swine fever epidemic and measures taken to eliminate and spread it. The maximum number of sheep and goats was in 2016 with a value of 96.3 thousand heads, the minimum - in 2019 with 81.5 thousand heads. The largest increase in the poultry population was noted in 2018, the increase was 759 thousand heads, in 2019 the number of poultry decreased by 113 thousand heads (3.5%). The number of egg production in the Kaliningrad region is quite stable, in the period 2015-2018 the dynamics of this indicator was positive, the largest increase was recorded in 2018, when the production volume reached 265.2 million pieces. As a result, the growth rates of livestock production in the Kaliningrad region over the analyzed period indicate the successful implementation of the agricultural state program.

Keywords: *animal husbandry, agricultural development, dynamics, animal production*

Citation. Nesterova Y.A., Grinchuk M.A., Rybalova N.B. (2021), "Animal husbandry development in Kaliningrad region", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2 pp. 110-117. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-110-117

Введение. Калининградская область, будучи эксклавом, имеет логистические трудности при транспортировке продукции с основной территории страны, вследствие чего регион имеет меньший уровень экономической безопасности [1, 2]. Однако такое положение стимулирует развитие местного агропромышленного комплекса для обеспечения потребностей жителей региона в животноводческой продукции, такой как мясо, молоко, яйца, шерсть и другой.

В настоящее время в области разработана и реализуется целевая комплексная программа Калининградской области «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». Одной из задач Программы является производство продукции животноводства и, как следствие, рост обеспечения агропродовольственного рынка Калининградской области собственной продукцией и обеспечения продовольственной безопасности.

Цель исследования – провести анализ статистических данных для оценки уровня реализации государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы».

Материалы, методы и объекты исследований. Методологической и теоретической базой исследования послужили нормативные акты Российской Федерации, научные труды отечественных и зарубежных специалистов по изучению проблем животноводства Калининградской области, материалы статистической отчетности сельскохозяйственных предприятий Калининградской области. При выполнении работы были использованы следующие методы: абстрактно-логический, монографический, аналитический, экономико-статистический. Обработка исходной информации проводилась с применением пакета прикладных программ "Statistica", табличного процессора "MS Excel", "MS Word".

Результаты исследований. В Калининградской области интенсивно развиваются молочное и мясное скотоводство, свиноводство и птицеводство. Увеличение производства продукции этих отраслей обеспечено созданием современных животноводческих комплексов с промышленной технологией. Анализ динамики поголовья скота и объема производства продукции позволяет оценить темпы роста отраслей животноводства (табл. 1).

За период 2013-2019 гг. поголовье крупного рогатого скота в области увеличилось до 154,2 тыс. голов, что составило 208,6% к уровню 2013 г., хотя в целом по стране отмечается тенденция сокращения роста поголовья: с 19,3 млн. голов в 2013 г. до 18,1 млн. голов в 2019 г. (93,8% к 2013 г.).

Таблица 1. **Поголовье скота в хозяйствах всех категорий**
 Table 1. **Livestock in farms of all categories**

Животные	Год						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Крупный рогатый скот	87,5	97,9	109,4	115,3	123,6	137,2	154,2
Коровы	39,1	46,8	50,0	53,8	58,9	62,3	68,6
Свиньи	152,2	149,9	162,5	182,6	217,8	204,4	278,6
Овцы и козы	76,3	80,5	88,2	96,3	93,4	89,2	81,5

Подотрасль специализированного мясного скотоводства в Калининградской области создана в 2012 году. Товарное поголовье коров специализированных мясных пород в области в 2011 г. составляло 169 голов, в 2018 г. – 20,49 тыс. голов, что свидетельствует о создании базы для дальнейшего развития отечественного мясного скотоводства. Общее поголовье мясного скота в хозяйствах всех категорий на 2019 г. было равно 69,9 тыс. голов. В Калининградской области содержат животных трех специализированных мясных пород – абердин-ангусской, шароле и лимузин.

Рост поголовья свиней стабильно продолжался до 2018 г. Так, за период 2013-2017 гг. численность животных увеличилась на 65,6 тыс. голов, резкое сокращение поголовья произошло в 2018 году в результате эпидемии африканской чумы свиней и мероприятий, проводимых по ее ликвидации и распространению (табл. 1, рис. 1). В настоящее время численность свиней стабильно растет, рост поголовья происходит за счет увеличения животных в сельскохозяйственных организациях при одновременном снижении в крестьянских (фермерских) хозяйствах и действующем запрете содержания свиней в личных подсобных хозяйствах граждан в области (рис. 1).

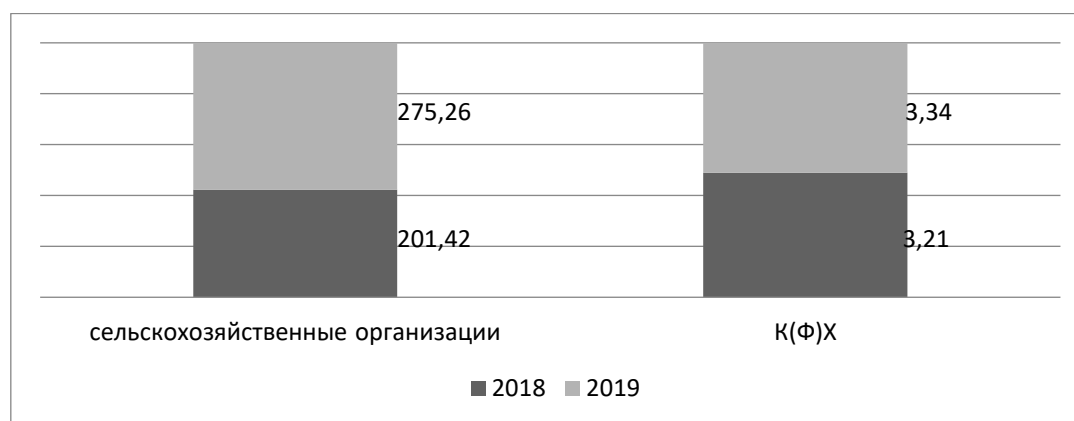


Рисунок 1. **Структура поголовья свиней по категориям хозяйств Калининградской области, тыс. голов**

Figure 1. **Structure of the pig population by category of farms in the Kaliningrad region, thousands of heads**

В 2013 г. в хозяйствах разных форм собственности насчитывалось 76,3 тыс. голов овец и коз, из них более 89% приходилось на хозяйства населения. За анализируемый период численность овец и коз увеличивалась, достигнув своего максимального значения 96,3 тыс. голов в 2016 г. В последующие три года поголовье овец и коз сокращалось и достигло 81,5 тыс. голов в 2019 г., несмотря на меры областного правительства, направленные на переориентацию малых форм хозяйствования на альтернативные свиноводству виды животноводства в связи с угрозой эпидемии африканской чумы свиней. Удельный вес хозяйств населения в структуре поголовья овец и коз в 2019 г. составил 83,4%, К(Ф)Х и индивидуальных предпринимателей 12,7%. Практически все поголовье овец, которое

выращивают хозяйства населения и К(Ф)Х, представляет собой помеси, полученные в результате бессистемных скрещиваний особей разных пород и направления продуктивности, что приводит к снижению производства баранины и шерсти.

Статус племенного репродуктора имеет ООО «Частный конный завод Веедерн», где разводят овец романовской породы. Животные характеризуются высокой мясной продуктивностью, плодовитостью и скороспелостью, что отвечает современным требованиям рынка, особенностью которого является возрастающая потребность в баранине.

К новому направлению для Калининградской области относится молочное овцеводство, в регион ввезены овцы восточно-фризской породы чешской селекции. Это одна из самых молочных пород в мире, максимальный удой за лактацию составляет до 400 л молока, которое используют в основном для производства сыров. Овцы выносливы, неприхотливы и хорошо акклиматизируются в различных климатических условиях [3].

Птицеводство – это наиболее динамично развивающаяся отрасль агропромышленного комплекса как Калининградской области, так и России в целом. Интенсивный рост птицы, высокая продуктивность и конверсия корма (конверсия протеина корма в протеин продукции у бройлеров 1,9, кур-несушек – 3,9, свиней – 4,1), достаточно невысокие затраты материальных средств на единицу продукции обеспечивают быструю окупаемость инвестиций. Динамика поголовья птицы отражена на рисунке 2.

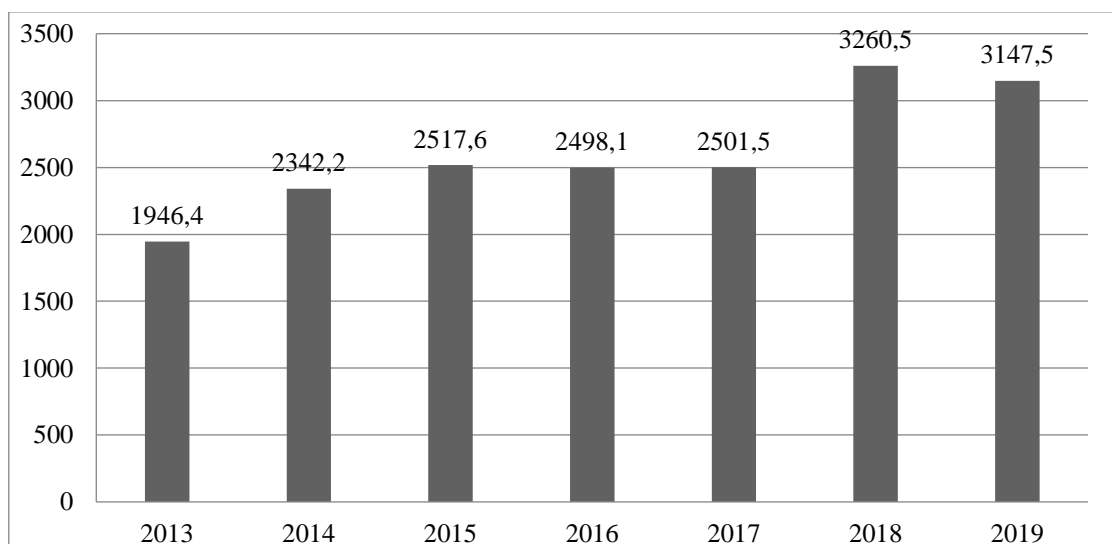


Рисунок 2. Поголовье птицы в хозяйствах всех категорий, тыс. голов
 Figure 2. Poultry population in farms of all categories, thousand heads

Наибольшее увеличение поголовья птицы отмечено в 2018 г., прирост составил 759 тыс. голов, что на 30,3% больше по отношению к 2017 г.; в 2019 г. численность птицы уменьшилась на 113 тыс. голов (3,5%). На конец июня 2020 года поголовье скота в хозяйствах всех категорий составляет: крупный рогатый скот – 175,9 тыс. голов (+15,4% к соответствующему периоду 2019 года), коров – 75,5 тыс. голов (+12,2%), свиней – 299,4 тыс. голов (+28,7%), овец и коз – 81,3 тыс. голов (- 11,5%), наблюдается устойчивый рост поголовья крупного рогатого скота и свиней [4]. Высокие темпы роста поголовья скота и птицы, а также выбор высокопродуктивных пород, современных технологий содержания и кормления животных обуславливают увеличение объема производства животноводческой продукции. Динамика производства основных видов продукции за период 2013-2019 гг. представлена в таблице 2.

Производство скота и птицы на убой (в живом весе) демонстрирует рост показателей в течение анализируемого периода, с некоторым снижением объема производства на 2,4% в 2018 г. (по отношению к 2017 г.). Основной вклад в производство скота и птицы на убой вносят сельскохозяйственные организации, в 2019 году объем производства достиг 90,6%. В

подотраслях мясного скотоводства основной рост приходится на производство мяса птицы и свинины – в сельскохозяйственных организациях доля производства свиней и птицы на убой в 2019 году составила 49,1% и 44,2% соответственно. Мясное птицеводство и свиноводство в Калининградской области имеют хороший технологический и инвестиционный потенциал.

Таблица 2. Производство основных видов продукции животноводства в хозяйствах всех категорий

Table 2. Production of the main types of livestock products in farms of all categories

Продукт	Год						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Мясо (скот и птица на убой в живом весе), тыс. т	65,0	68,8	71,1	79,3	84,8	82,8	93,2
Молоко, тыс. т	149,6	155,7	170,0	174,4	175,3	177,2	184,4
Яйца, млн. шт.	195,5	179,7	205,9	213,5	235,7	265,2	252,6

Молочное животноводство – это традиционная отрасль для Калининградской области. В общем объеме выручки от реализации продукции молочного скотоводства доля молока занимает свыше 75%. Производственная себестоимость молока, рассчитанная на основе официальных данных государственных органов и отраслевых объединений иностранных государств с учетом среднегодового курса валют, указывает на конкурентоспособность отечественных производителей по отношению к зарубежным [5].

Производство молока в области в 2019 году составило 184,4 тыс. т и по сравнению с 2013 г. увеличилось на 34,8 тыс. т, или почти на 23,3%. Надой молока на одну корову в сельскохозяйственных организациях составил в 2013-м – 5480 кг, в 2019 году – 7870 кг. В среднем по России этот показатель был равен 4519 кг и 6290 кг соответственно (рис. 3).



Рисунок 3. Динамика надоя молока на одну корову в сельскохозяйственных организациях
Figure 3. Dynamics of milk yield per cow in agricultural organizations

Такое превышение объема производства молока по сравнению со средними показателями по России обеспечено выбором индустриальных высокопродуктивных пород молочного скота и внедрением современных технологий. В регионе действуют высокотехнологичные молочные комплексы, позволяющие автоматизировать трудоемкие процессы. Голштинская порода, которую преимущественно разводят в Калининградской области, отличается высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности и хорошей приспособленностью к промышленной технологии содержания, это одна из самых высокопродуктивных пород мира [6]. Вместе с тем высокопродуктивные животные очень

требовательны к ассортименту и качеству кормов, условиям содержания и технологии машинного доения [7].

Наряду с голштинской породой в Калининградской области содержат также скот симментальской и айрширской пород. Симментальская порода является одной из ведущих пород двойного направления продуктивности [8], сочетающей сравнительно высокие показатели молочной продуктивности с большой живой массой и хорошими мясными качествами, пожизненный надой в среднем составляет 16,7 тыс. кг, выход мяса на корову за период использования – 931 кг в живом весе и 502 кг в убойной массе [9]. В настоящее время поголовье симментальского скота представлено десятью линиями немецко-австрийской селекции, такими как Метц, Ромулус, Страйк, Редад, Хониг и др. Лучшая продуктивность за первую лактацию в условиях хозяйства отмечена у коров линии Страйк – 5620 кг молока с содержанием жира в молоке 4,34%, белка 3,27%; по третьей лактации максимальный удой наблюдался у коров линии Эгмар и составил 6294 кг (МДЖ – 4,38%, МДБ – 3,37%).

Ресурсы голштинского скота в мире значительны [10], а в племенных хозяйствах региона обеспечивают не только простое воспроизводство, но также имеют достаточное поголовье нетелей для дальнейшей реализации. В Калининградской области с 2016 года, впервые за постсоветский период, возобновлена продажа высокопродуктивного молодняка. В 2017 году в регионы России (Московская, Калужская области, Республика Башкортостан) было отправлено 1300 нетелей голштинской породы.

В структуре производства молока по категориям хозяйств сохраняется тенденция сокращения доли хозяйств населения, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, но при этом наблюдается значительное увеличение доли сельскохозяйственных организаций. Так, в 2013 г. удельный вес сельскохозяйственных организаций в общем объеме производства молока составил 52,6%, а в 2019 г. – 59,5%. Объем производства яиц в Калининградской области достаточно стабилен, но за анализируемый период наблюдается спад производства яиц в 2014 г. и 2019 г. (табл. 2). В период 2015-2018 гг. динамика этого показателя была положительной, наибольшее увеличение зафиксировано в 2018 г., когда объем производства достиг 265,2 млн. шт. (+17,6% к 2017 г.).

Выводы. Результаты исследований показали положительную динамику развития животноводства в Калининградской области. Таким образом, темпы роста производства продукции животноводства в Калининградской области за анализируемый период указывают на успешную реализацию программы развития сельского хозяйства.

Список источников литературы

1. Fedorov G.M. On the economic security of Russia's Kaliningrad exclave // Baltic Region. – 2020. – V.12. – №3. – P. 40-54.
2. Mikhaylova A.A. In pursuit of an innovation development trajectory of the Kaliningrad region // Baltic Region. – 2019. – V. 11. – №3. – P. 92-106.
3. Шуваринов А.С., Хататаев С.А., Пастух О.Н. Физико-химические и технологические показатели молока овец восточно-фризской породы при разведении их в Центральной России // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – №3. – С. 30-32.
4. Калининградская область в цифрах, 2019. Статистический сборник в 2 т. // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат). – Калининград, 2019. – Т. 2. – 185 с.
5. Алтухов А.И., Стрекозов Н.И., Трафимов А.Г., Чинаров В.И. Рациональное размещение и углубление специализации молочного скотоводства – основа экономики его развития // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №3. – С. 94-105.
6. Карликова Г.Г., Контэ А.Ф. Влияние уровня молочной продуктивности коров-матерей на рост и развитие телок голштинской породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №3 (51). – С. 165-172.
7. Ulimbashev, M.B. Adaptive ability of Holstein cattle introduced into new habital conditions / M.B. Ulimbashev, Zh.T. Alagirova // Agricultural Biology. – 2016. – V. 51. – №2. – P. 247-254.

8. Stocco G., Summer A., Malacarne M., Cecchinato A., Bittante G. Detailed macro- and micromineral profile of milk: Effects of herd productivity, parity, and stage of lactation of cows of 6 dairy and dual-purpose breeds // *Journal of Dairy Science*. - 2019. – Vol.102. – № 11. – P. 9727-9739.
9. Хромова Л.Г., Востроилов А.В. Продуктивные и биологические особенности коров молочных пород в условиях интенсивной технологии: монография. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 153 с.
10. Bureš D., Bartoň L. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls // *Livestock Science*. – 2018. – Vol.214. – P. 231-237.

References

1. Fedorov G.M. (2020), On the economic security of Russia's Kaliningrad exclave, *Baltic Region*, no. 3, pp. 40-54.
2. Mikhaylova A.A. (2019), In pursuit of an innovation development trajectory of the Kaliningrad region, *Baltic Region*, no. 3, pp. 92-106.
3. Shuvarikov A.S., Khatataev S.A., Pastukh O.N., Robkova T.O., Semenova E.S., Korobeynik E.S. (2019), Physical, chemical and technological parameters of milk from sheep of the East Frisian breed when breeding them in Central Russia, *Ovcy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats, wool business], no. 3, pp. 30-32. (In Russ.).
4. *Kaliningradskaya oblast` v cifrax, 2019. Statisticheskij sbornik v 2 t.* [Kaliningrad region in figures, 2019. Statistical collection in 2 volumes (2019). Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Kaliningrad region (Kaliningradstat)], Kaliningrad, Russia.
5. Altuhov A.I., Strekozov N.I., Trafimov A.G., Chinarov V.I. (2019), Rational accommodation and deepening specialization of dairy cattle breeding – the basis of the economy of its development, *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 3, pp. 94-105. (In Russ.).
6. Karlikova G.G., Conte A.F. (2020), Influence of the level milk productivity of mother cows on the growth and development of Holstein heifers, *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii* [Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy], no. 3, pp. 165-172. (In Russ.).
7. Ulimbashev M.B., Alagirova Zh.T. (2016), Adaptive ability of Holstein cattle introduced into new habitual conditions, *Agricultural Biology*, no. 2, pp. 247-254.
8. Stocco G., Summer A., Malacarne M., Cecchinato A., Bittante G. (2019), Detailed macro- and micromineral profile of milk: Effects of herd productivity, parity, and stage of lactation of cows of 6 dairy and dual-purpose breeds, *Journal of Dairy Science*, no. 11, pp. 9727-9739.
9. Khromova L.G., Vostroilov A.V. (2018), *Produktivny`e i biologicheskie osobennosti korov molochny`x porod v usloviyax intensivnoj tehnologii: monografiya* [Productive and biological characteristics of dairy cows in conditions of intensive technology: monograph], Voronezh, Voronezh SAU, Russia.
10. Bureš D., Bartoň L. (2018), Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls, *Livestock Science*, no. 214, pp. 231-237.

Сведения об авторах

Нестерова Юлия Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», spín-код: 3759-8236.

Гринчук Мария Алексеевна – научный сотрудник кафедры производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», spín-код: 3625-3788.

Рыбалова Наталья Борисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3597-5336, Scopus author ID: 6505864515.

Information about the authors

Yulia A. Nesterova – candidate of biological sciences, associate professor of the department of production and quality expertise of agricultural products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kaliningrad State Technical University", spin-code: 3759-8236.

Maria A. Grinchuk – researcher of the department of production and quality expertise of agricultural products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kaliningrad State Technical University", spin-code: 3625-3788.

Natalia B. Rybalova – candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of aquatic bioresources and aquaculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 3597-5336, Scopus author ID: 6505864515.

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 10.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 19.05.2021 г.; принята к публикации 30.05.2021 г.

The article was submitted 10.04.2021; approved after reviewing 19.05.2021; accepted after publication 30.05.2021.

Научная статья

УДК 636.034

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-117-126

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫРАЩИВАНИЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ КРОССОВ HY-LINE BROWN И HY-LINE W-80

Людмила Трофимовна Васильева

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин,
Санкт-Петербург, 196601, Россия; ludamila51@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7941-7786>

Реферат. В настоящее время на птицефабриках страны широко используются зарубежные высокопродуктивные кроссы. Завоз птицы в хозяйства производится из-за рубежа или из хозяйств – репродукторов первого порядка в виде инкубационных яиц или суточных цыплят родительских форм. Однако практика показывает, что использование родительских форм высокопродуктивных зарубежных кроссов в условиях современных технологий промышленных птицефабрик не всегда соответствует ожидаемым результатам из-за сложной адаптации их к нашим условиям внешней среды. Поэтому проверка эффективности каждого вновь ввозимого кросса начинается в условиях хозяйства в цехе выращивания ремонтного молодняка родительского стада птицефабрики. В связи с этим в работе исследованы результаты выращивания ремонтного молодняка родительских форм двух кроссов Hy-Line Brown (n=48440 гол.) и Hy-Line W-80 (n=26120 гол.) в сравнении с нормативами для родительского стада, указанными фирмами-создателями данных кроссов. Проведен анализ динамики

роста молодняка, его приростов, сохранности поголовья, однородности по живой массе и выхода делового молодняка материнских и отцовских форм родительского стада кроссов Hy-Line Brown и Hy-Line W-80. Проведено сравнение продуктивности ремонтного молодняка родительского стада для определения эффективности выращивания его в условиях данного хозяйства. Исследования показали, что при незначительных отклонениях от нормативов по живой массе (1,61%) и сохранности (0,71%) курочек материнской формы и при значительном превосходстве (18,11%) живой массы петушков отцовской формы более эффективным оказался ремонтный молодняк родительского стада кросса Hy-Line W-80, обладающий достоверно более высокой выравненностью поголовья (2,14%♀ и 8,27%♂) и выходом делового молодняка (0,14%♀ и 4,22%♂).

Ключевые слова: ремонтный молодняк, родительское стадо, живая масса, сохранность, выравненность поголовья, деловой выход

Цитирование. Васильева Л.Т. Сравнительная оценка результатов выращивания ремонтного молодняка родительских форм кроссов Hy-line brown и Hy-line W-80 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (63). – С. 117-126. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-117-126

COMPARATIVE REARING RESULTS ASSESSMENT OF REPAIR YOUNG LIVESTOCK OF PARENT FORMS OF HY-LINE BROWN AND HY-LINE W-80 CROSSES

Lyudmila Trofimovna Vasilyeva

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; e-mail: ludamila51@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7941-7786>

Abstract. Currently, foreign highly productive crosses are widely used in poultry farms of the country. Poultry is imported to farms from abroad or from first-order breeding farms in the form of hatching eggs or day-old chicks of the parent forms. However, practice shows that the use of parental forms of highly productive foreign crosses in the conditions of modern technologies of industrial poultry farms does not always meet the expected results due to their difficult adaptation to our environmental conditions. Therefore, checking the effectiveness of each newly imported cross begins in the conditions of the farm in the workshop of growing repair young animals of the parent flock of the poultry farm. In this regard, the results of growing repair young livestock of the parent forms of two crosses Nu-Line Brown (n= 48440) and Nu-Line W-80 (n=26120) in comparison with the standards for the parent flock specified by the companies that created these crosses are studied. The analysis of the dynamics of the growth of young animals, their increments, the safety of livestock, the live weight uniformity and the yield of the maternal and paternal forms of the parent flock of the Nu-Line Brown and Nu-Line W-80 crosses is carried out. The productivity of the repair young stock of the parent flock is compared to determine the effectiveness of its growing in the conditions of this farm. Studies have shown, with minor deviations from the guidelines on live weight (1,61%) and safety (0.71%) of maternal hens and with a significant superiority of live weight (18,11%) of males of the paternal form, the rearing of Nu-Line W-80 parent flock cross with a significantly higher uniformity of the population (2,14%♀ and 8,27%♂) and business young stock yield (0,14%♀ and 4,22%♂) was more effective.

Keywords: repair young stock, parent flock, live weight, safety, equalization of livestock, business yield

Citation. Vasilyeva, L. T. (2021), «Comparative evaluation of the results of growing repair young animals of parent forms of Hy-line brown and brown crosses Hy-line W-80», *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no.2, pp. 117-126. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-117-126

Введение. В настоящее время птицефабрикам при производстве пищевых яиц селекционерами известных зарубежных фирм предлагается к использованию огромное количество высокопродуктивных четырехлинейных кроссов, обладающих ценными продуктивными характеристиками. Особенность современной ситуации заключается в том, что фирмы не реализуют исходные линии прародительских форм, тем более не указывают

схему создания кросса, что заставляет хозяйства постоянно закупать яйца или суточных цыплят родительских форм в репродукторах первого порядка зарубежных фирм [1]. При этом производителями предлагаются достаточно обобщенные данные по условиям содержания, кормления, ухода за поголовьем. В связи с этим хозяйства, приобретая птицу нового кросса, вынуждены определять эффективность использования этого кросса, начиная с родительского стада, применительно к условиям своей технологии содержания, кормления и в целом работы с этим кроссом, считая, что родительское стадо любой птицефабрики является тем фундаментом производства, который определяет эффективность работы всего хозяйства [2, 3, 4, 12]. Однако практика показывает, что использование родительских форм высокопродуктивных зарубежных кроссов в условиях современных технологий промышленных птицефабрик не всегда соответствует ожидаемым результатам из-за сложной адаптации их к нашим условиям внешней среды [4, 5, 6]. В связи с этим в хозяйствах иногда вынуждены использовать родительские стада сразу нескольких кроссов. Поэтому исследования по определению эффективности новых кроссов в условиях каждого отдельного хозяйства являются актуальными и обладают высокой практической значимостью не только для данной птицефабрики, но и для других птицеводческих хозяйств, которые работают с этим кроссом или собираются приобрести его родительские формы.

Процесс определения качества нового кросса, проявления его генетического потенциала в условиях определенного хозяйства начинается с анализа роста и развития ремонтного молодняка родительских форм исследуемого кросса, так как в этом случае хозяйство получает одну из самых ранних и достоверных оценок адаптации кросса к существующим условиям хозяйства. Стабильное увеличение живой массы, высокие показатели сохранности и однородности молодняка в период выращивания будут свидетельствовать об успешной адаптации птицы в условиях хозяйства [7, 8, 9].

Новизной исследования явился сравнительный анализ продуктивных качеств ремонтного молодняка родительских форм новых кроссов: Ну-Line Brown и Ну-Line W-80 в условиях одного хозяйства.

Цель исследования – сравнительный анализ продуктивных качеств ремонтного молодняка родительских форм кроссов Lohmann Brown, Ну-Line Brown и Ну-Line W-80.

Для успешного выполнения цели были определены *задачи*.

1. Провести анализ показателей продуктивности ремонтного молодняка родительских форм исследуемых кроссов в сравнении со стандартом в условиях одного хозяйства.
2. Сравнить результаты выращивания ремонтного молодняка родительского стада кроссов Ну-Line Brown и Ну-Line W-80.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проведены в цехе выращивания ремонтного молодняка родительских форм кроссов Ну-Line Brown (n= 48440 гол.) и Ну-Line W-80 (n=26120 гол.) в период с 1-16 нед. Условия содержания и кормление соответствовали требованиям фирм создателей данных кроссов. Материал и методика представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Материал и методика исследования**
 Table 1. **Material and methodology of the study**

Кросс	№ птичника	Поголовье на начало исследования, гол		Исследуемые показатели
		♀	♂	
Ну-Line Brown	1	43120	5320	Живая масса (г), приросты живой массы (г), сохранность (%), однородность (%), выход делового молодняка (%), затраты корма (кг/гол.)
Ну-Line W-80	3	23560	2560	

В процессе исследования были использованы методики ВНИТИП и общепринятые методики расчета зоотехнических показателей.

Определение живой массы происходило индивидуальным взвешиванием молодняка (по 100 голов) еженедельно, отобранных методом случайной выборки. Ряд показателей определялся расчетным путем:

Абсолютный прирост живой массы (А), г:

$$A = W_t - W_0,$$

где W_t – живая масса в конце периода, г; W_0 – живая масса в начале периода, г.; Среднесуточный прирост живой массы (С) г.:

$$C = (W_t - W_0) / t,$$

где W_t – живая масса в конце периода, г; W_0 – живая масса в начале периода, г.; t – длительность периода, дн.

Сохранность (В), %:

$$B = N_{\text{выж.}} \times 100 / N_{\text{нач.}},$$

где $N_{\text{выж.}}$ – число голов, выживших на конец периода, гол.; $N_{\text{нач.}}$ – число голов на начало периода, гол.

Коэффициент однородности стада (КО), %:

$$КО = n_2 (\pm s_x) \times 100 / n_1,$$

где s – уровень границ доверительного отклонения от среднего арифметического значения в выборке, г; x – среднее арифметическое показателей, г; n_1 – число наблюдений; n_2 – число наблюдений, значение массы которых находится в пределах границ уровня доверительного отклонения.

Результаты исследований

Анализ продуктивности ремонтного молодняка родительских форм исследуемых кроссов в условиях одного хозяйства

В хозяйстве в последние годы используется родительское поголовье коричневояичного кросса Ну-Line Brown и белояичного Ну-Line W-80. Рост молодняка характеризуется увеличением его живой массы [5, 7, 8, 9]. Анализ интенсивности роста ремонтного молодняка родительского стада по сравнению со стандартами каждого кросса будет свидетельствовать о степени проявления генотипа в условиях хозяйства [10, 11]. В связи с этим была проанализирована возрастная динамика живой массы курочек (материнской формы) исследуемых кроссов в сравнении со стандартом каждого кросса (табл. 2).

Анализ показывает, что примерно до 3 нед. жизни цыплята сравниваемых кроссов росли с одинаковой интенсивностью. Однако, начиная с 5-недельного возраста, прослеживается достоверное ($P \geq 0,999$) превосходство живой массы курочек кросса Ну-Line Brown. Данные таблицы свидетельствуют о том, что курочки материнской формы кросса Ну-Line Brown набирают массу по сравнению со стандартом очень быстро, и на 8 и 9 неделях жизни своей живой массой они превосходят стандарт более чем на 10%. Следует сказать, что прирост живой массы за период выращивания у курочек материнской формы кросса Ну-Line Brown составил 1352 г, что превышало стандарт (1289 г) на 63 г, или 4,89%. Среднесуточный прирост у курочек материнской формы кросса Ну-Line Brown составил 12,08 г. Анализируя возрастную динамику живой массы ремонтных курочек родительского стада кросса Ну-Line W-80 в сравнении со стандартом, было установлено, что у молодняка материнской формы Ну-Line W-80 живая масса в возрасте 16 нед. была ниже стандарта на 1,61%, среднесуточный прирост при выращивании составлял 9,53 г, и это определило более низкий общий прирост 1067 г, который уступал на 1,66% рекомендованному фирмой стандарту.

Таблица 2. Возрастная динамика живой массы курочек кроссов
 Hy-Line Brown и Hy-Line W-80
 Table 2. Age dynamics of live weight of cross hens Hy-Line Brown and Hy-Line W-80

Возраст, нед.	Hy-Line Brown				Hy-Line W-80			
	стандарт живой массы, г	средняя по группе, г	± отклоне- ние от стандарта, %	CV, %	стандарт живой массы, г	средняя по группе, г	± отклоне- ние от стандарта, %	CV, %
1	68	73±0,73	7,35	10	65	72±0,59	10,76	8,3
2	120	124±1,55	3,33	12,5	130	129±1,13	-0,77	8,8
3	195	208±2,20	6,66	10,6	190	207±1,38	8,94	6,7
4	275	288±3,34	4,73	11,6	250	280±1,48	12,0	5,3
5	360	385±3,61	6,94	9,4	320	358±2,79	11,87	7,8
6	455	492±4,77	8,13	9,7	400	426±3,19	6,5	7,5
7	560	604±6,40	7,86	10,6	485	537±4,77	10,72	8,9
8	660	748±6,58	13,33	8,8	570	616±5,17	8,07	8,4
9	760	842±7,74	10,79	9,2	650	701±4,34	7,85	6,2
10	855	911±7,28	6,55	8,0	730	793±7,93	8,63	10
11	950	992±7,53	4,42	7,6	810	869±4,95	7,28	5,7
12	1035	1075±7,20	3,86	6,7	880	924±6,46	5,0	7,0
13	1120	1179±7,90	5,27	8,2	945	968±6,96	2,43	7,2
14	1190	1286±10,0	8,06	7,8	1005	1034±6,82	2,88	6,6
15	1260	1289±9,53	2,30	7,4	1065	1056±7,49	-0,85	7,1
16	1325	1388±10,27	4,76	7,4	1120	1102±8,15	-1,61	7,4

В целом молодняк материнской формы кросса Hy-Line W-80 рос неравномерно, что свидетельствовало о низкой стрессоустойчивости его к возникающим в период выращивания стрессам.

В связи с этим была проанализирована жизнеспособность молодняка в период выращивания.

Кросс Hy-Line, по данным создателей этих кроссов, славится высокой жизнеспособностью. По стандарту сохранность курочек материнской формы составляет у коричневого кросса – 95%, а у белого – 97%. В наших исследованиях сохранность поголовья курочек кросса Hy-Line Brown до 16 нед. возраста составила 97,27%, а у Hy-Line W-80 – 96,29%.

Следует сказать, что сохранность коричневой птицы достоверно превышала как стандарт кросса, так и белую птицу. Причем браковка первых в процессе выращивания составила 1,75%, а вторых – 3,11%. Однородность молодняка при выращивании свидетельствует о его качестве [8, 9]. Анализ показателя однородности молодняка при выращивании курочек материнской формы кросса Hy-Line Brown и Hy-Line W-80 была не очень высокой и ниже рекомендованного стандарта (85% для коричневого и белого) и составила у первых 80,0%, а у вторых (возможно, из-за высокой браковки) – 82,14%. Высокая живая масса молодки кросса Hy-Line Brown способствовала высокому выходу делового молодняка при его пересадке во взрослые птичники. Деловой выход курочек этого кросса составил 95,9%, а у курочек кросса Hy-Line W-80 за счет более выравненного, хотя и более мелкого молодняка – 96,04%. Затраты корма составили при выращивании коричневых курочек 54,68 г на голову, а у белых (более легких) – 50,7 г на голову.

В хозяйстве в качестве отцовской формы исследуемых кроссов используют петушков кросса Hy-Line Brown и кросса Hy-Line W-80. Все ремонтные петушки выращиваются с использованием вольерного содержания. Результаты сравнительной оценки средней живой массы петушков с данными стандарта представлены в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительная оценка возрастной динамики живой массы петушков
 со стандартами кроссов

Table 3. Comparative assessment of the age dynamics of the live weight of roosters with the cross-country standards

Возраст, нед.	Hy-Line Brown			Hy-Line W-80		
	стандарт живой массы, г	средняя по группе, г	± отклонение от стандарта, %	стандарт живой массы, г	средняя по группе, г	± отклонение от стандарта, %
1	75	79±0,46	5,33	60	59±0,43	-0,98
2	140	134±1,38	-4,29	120	125±1,22	4,17
3	230	229±1,30	-0,54	180	204±1,35	13,33
4	330	325±2,88	-1,52	260	313±1,98	20,38
5	450	433±4,12	-3,78	380	423±3,73	11,31
6	590	577±6,23	-2,21	490	519±3,90	5,91
7	730	747±7,97	2,33	625	671±5,87	7,36
8	900	948±7,11	5,33	730	798±7,56	9,31
9	1060	1070±8,02	0,94	830	935±9,10	12,65
10	1220	1205±7,11	-1,23	960	1043±9,56	8,64
11	1370	1299±12,42	-5,19	1050	1159±10,23	10,38
12	1530	1409±12,89	-7,91	1110	1254±11,89	12,97
13	1690	1568±13,12	-7,22	1190	1355±13,59	13,86
14	1830	1751±13,45	-4,32	1250	1462±13,78	16,96
15	1960	1737±13,22	-2,91	1320	1528±15,77	15,75
16	2020	1899±16,11	-6,00	1380	1630±14,78	18,11

Данные таблицы свидетельствуют о том, что при выращивании петушки кросса Hy-Line Brown значительно отставали от стандартной массы и к моменту пересадки во взрослые помещения имели живую массу на 6,0% ниже стандартной, это при том, что браковка петушков по живой массе и экстерьеру составила за период выращивания 3,59%. Петушки кросса Hy-Line W-80 набирали массу при выращивании интенсивней, и в 63% случаев взвешиваний их живая масса превышала стандарт более чем на 10%, и в возрасте 16 нед. их масса превосходила стандарт на 18,11%. За весь период выращивания прирост живой массы у петушков кросса Hy-Line Brown составил 1863 г (по стандарту – 1984 г) и был ниже стандарта на 6,1%, а у петушков Hy-Line W-80 – 1595 г (по стандарту – 1345) и превышал стандарт на 18,59%, что свидетельствует о лучшей адаптации ремонтных петушков к условиям хозяйства. Однако среднесуточный прирост живой массы у петушков первого кросса за период выращивания составил 16,63 г, а у второго – 14,24 г, что, возможно, больше было обусловлено генотипом каждого кросса.

Данные динамики сохранности петушков исследуемых кроссов при выращивании представлены на рисунке 1.

Графический анализ полученных данных свидетельствует о том, что до 5-недельного возраста сохранность молодняка была примерно одинаковой, однако в последующий период более крупная птица отцовской формы кросса Hy-Line Brown имела четкую динамику более интенсивного снижения сохранности.

В целом сохранность молодняка при выращивании у обоих кроссов была выше стандартных значений (для белых петушков – 97,0%, а для коричневых – 90,0), причем у белых петушков она составляла 98,52% и превосходила стандарт на 1,52%, а у коричневых петушков – 97,6%, превысив стандарт кросса на 7,6%. Значительное превышение стандарта по показателю сохранности у молодняка отцовской формы Hy-Line Brown определялось слабой браковкой поголовья по живой массе. Возможно, это сказалось на однородности поголовья ремонтных петушков этого кросса. Однородность поголовья и деловой выход петушков представлен на рисунке 2.

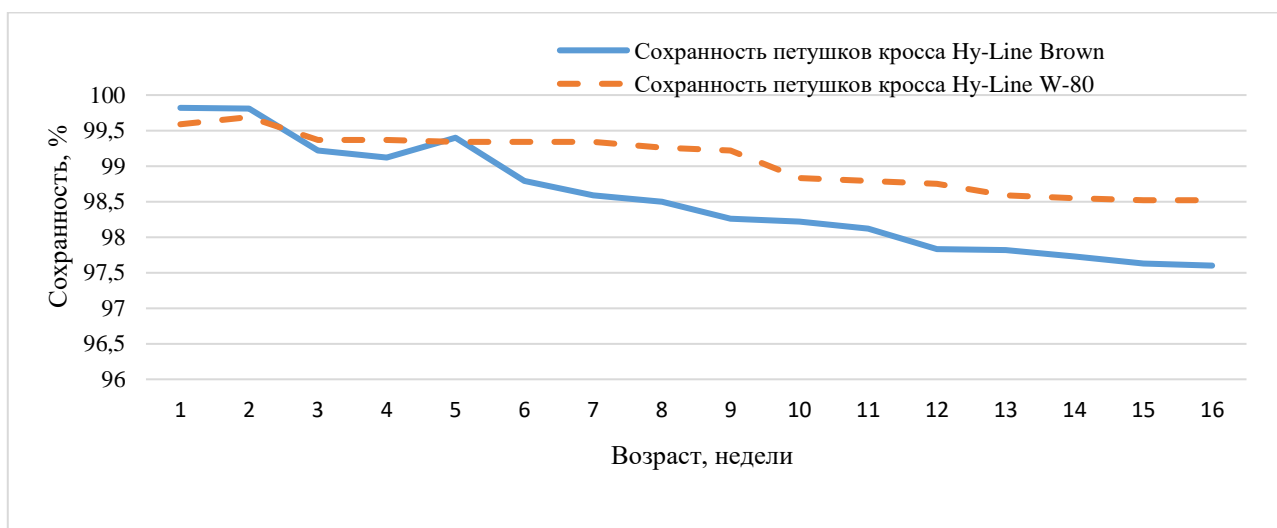


Рисунок 1. Динамика сохранности поголовья петушков при выращивании
 Figure 1. Dynamics of the safety of the rooster population during cultivation

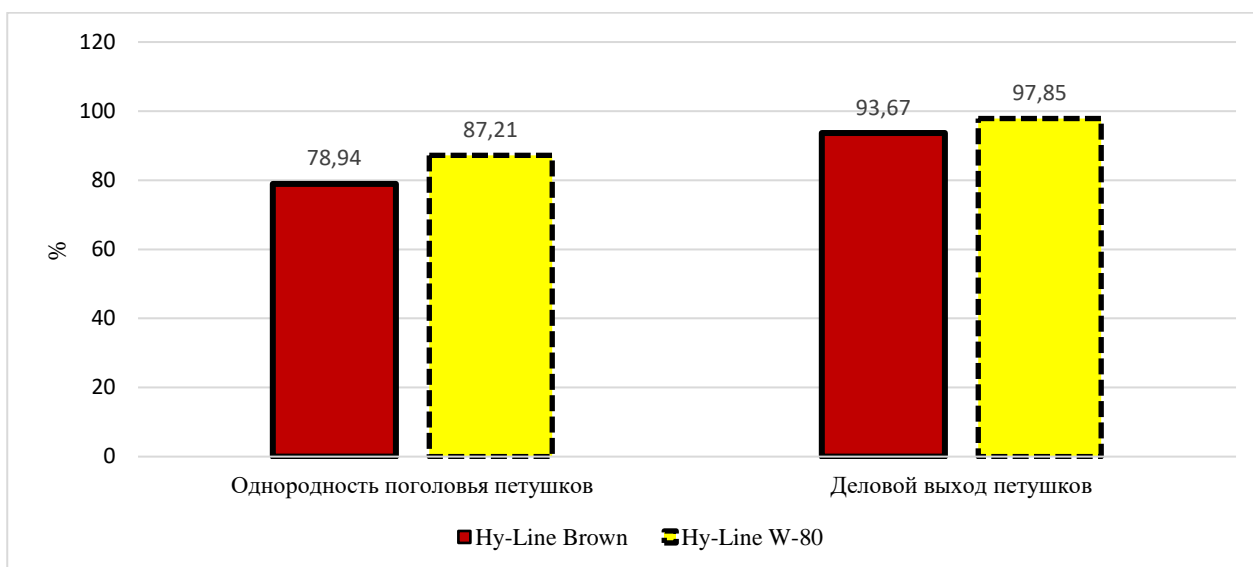


Рисунок 2. Сравнение показателей однородности и делового выхода петушков исследуемых кроссов
 Figure 2. Comparison of the indicators of uniformity and business output of the roosters of the studied crosses

Данные показывают, однородность коричневых петушков была ниже требуемого стандарта (85%), а у белых петушков этот показатель на 2,21% превосходил стандарт. Несомненно, это оказало влияние и на деловой выход молодняка при пересадке во взрослые птичники.

Таким образом, петушки отцовской формы кросса Hy-Line W-80 более эффективно выращиваются в условиях принятой технологии хозяйства.

Сравнительный анализ выращивания ремонтного молодняка родительского стада кроссов Hy-Line Brown и Hy-Line W-80

Сравнительный анализ полученных результатов выращивания ремонтного молодняка родительских форм дает возможность определить эффективность использования птицы кроссов Hy-Line Brown и Hy-Line W-80 в хозяйстве. Итоговые данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительный анализ эффективности выращивания ремонтного молодняка
 родительских форм разных кроссов

Table 4. Comparative analysis of the effectiveness of growing repair young animals of parent forms
 of different crosses

Показатели	Hy-Line Brown		Hy-Line W-80	
	♀	♂	♀	♂
Исследуемое поголовье, гол.	43120	5320	23560	2560
Живая масса в возрасте 16 нед., г: стандарт факт	1325	2020	1120	1380
	1388	1899	1102	1630
Среднесуточный прирост, г	12,08	16,63	9,53	14,24
Сохранность, %	97,27	97,60	96,29	98,52
Выравненность поголовья по живой массе, %	80,00	78,94	82,14	87,21
Деловой выход молодняка, %	95,90	93,67	96,04	97,85
Затраты корма в среднем, г/гол.	54,68		50,70	

При сравнении материнских форм родительского стада исследуемых кроссов следует помнить, что при использовании птицы данных кроссов нужно придерживаться стандартов, рекомендуемых создателем, что позволит наиболее полному проявлению генотипа птицы. Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что курочки материнской формы кросса Hy-Line Brown более крупные по сравнению с курочками Hy-Line W-80 и имеют более интенсивный рост, что обусловлено их генотипом. Курочки родительского стада кросса Hy-Line Brown имеют более высокую сохранность по сравнению Hy-Line W-80, что, возможно, связано не только с высокой жизнеспособностью поголовья молодняка, но и слабой сортировкой птицы при выращивании. О последнем свидетельствуют показатели выравнивания поголовья по живой массе и выхода делового молодняка при переводе во взрослые птичники на доращивание, что создаст дополнительные трудности в дальнейшем. Молодка родительского стада Hy-Line W-80, имея сохранность на 0,71% ниже стандарта и на 0,98% ниже курочек материнской формы кросса Hy-Line Brown, более однородна по живой массе по сравнению с материнской формой Hy-Line Brown (на 2,14%) с более высоким показателем (на 0,14%) выхода делового молодняка, что дает основание сделать вывод – этот молодняк лучше себя заявит при дальнейшем использовании. Однако следует учитывать, что молодняк сильнее реагирует на стрессы и требует большего внимания к условиям содержания и качеству кормления.

Анализ результатов выращивания петушков отцовской формы исследуемых кроссов показал, что петушки родительского стада кросса Hy-Line Brown имели живую массу ниже стандарта на 6,0%. Возможно, это явилось следствием невыравнивания молодняка по живой массе и слабой браковки. В результате выход делового молодняка родительской формы этого кросса был ниже на 4,18%, чем у петушков отцовской формы кросса Hy-Line W-80. Петушки последнего не только значительно (на 18,11%) превосходили по живой массе стандарт, имели высокую сохранность, но и были более выравненными по живой массе, превосходили петушков кросса Hy-Line Brown на 4,22% по показателю выхода делового молодняка.

Итоговыми показателями результата выращивания молодняка является его выравнивание по живой массе и соответствие ее стандарту, выход делового молодняка, а также затраты корма (в среднем) на голову в сутки. Сравнивая полученные в ходе исследования данные, можно сделать заключение, что ремонтный молодняк родительского стада кросса Hy-Line W-80 в условиях данного хозяйства показал в целом более высокие результаты при выращивании.

Выводы:

1. Анализ результатов выращивания ремонтного молодняка родительского стада кросса Hy-Line W-80 показал, что курочки материнской формы в возрасте 16 нед. оказались ниже стандарта по живой массе на 1,61%, а петушки значительно превосходили его на 18,11%.

Возможно, что ремонтный молодняк материнской формы оказался менее стрессоустойчивым в условиях хозяйства, что привело не только к снижению интенсивности роста курочек, но и их сохранности на 0,71% по сравнению со стандартом (97,0%), а также однородности поголовья на 2,86% (стандарт 85%). Петушки отцовской формы, имея более высокую живую массу, обладали высокой жизнеспособностью (98,52%) и однородностью (87,21%), превышая данные стандарта на 1,52% и 2,21% соответственно.

2. Анализ результатов выращивания курочек и петушков родительской формы кросса Ну-Line Brown показал, что курочки по живой массе превышают стандарт на 4,76%, а петушки на 6,0% были ниже значения стандарта, сохранность молодок превышала стандарт на 2,27%, но они обладали более низкой (на 5%) однородностью в возрасте 16 нед. Петушки отцовской формы были более жизнеспособными, их сохранность составила 97,6%, что на 7,6% оказалось выше стандарта. Однако их однородность по живой массе (78,94%) была также ниже предлагаемого стандарта на 6,06%.

3. По результатам выращивания более эффективным в условиях данного хозяйства оказался ремонтный молодняк родительского стада кросса Ну-Line W-80. Выравненность курочек родительского стада этого кросса была на 2,14%, а петушков – на 8,27% выше, чем у ремонтного молодняка кросса Ну-Line Brown. Выход делового молодняка на 0,14% (курочки) и 4,22% (петушки) превосходил этот показатель у курочек и петушков родительского стада Ну-Line Brown, и в среднем при выращивании молодняка у родительских форм Ну-Line W-80 было затрачено на 3,98 г комбикорма меньше, чем в кроссе Ну-Line Brown. Однако следует отметить, что курочки материнской формы кросса Ну-Line W-80 при выращивании на возникающие стрессы реагировали сильнее, чем сверстницы кросса Ну-Line Brown.

Список источников литературы

1. Александров Ю.А. Инновационная технология выращивания ремонтного молодняка кур // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2016. – №5. – С. 5-9.
2. Астраханцев А.А., Исупова Н.В. Рост и развитие ремонтного молодняка и его влияние на последующую яичную продуктивность кур-несушек// Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – №4 (45) – С.14.
3. Хорошевская Л.В., Хорошевский А.П. Родительское стадо – залог рентабельной работы птицеводческого предприятия//Птицеводство. – 2019. – №2. – С.16-19.
4. Подольская В.С., Подольский С.Г., Джолова М.Н. и др. Плодовитость родительского стада кур кросса Хай-Лайн коричневый при клеточной системе содержания// Птицеводство. – 2019. – №11-12. – С.59-62.
5. Агабабова А.С., Васильева Л.Т. Влияние способов содержания на результаты выращивания ремонтного молодняка: материалы 73-й Международной научной конференции, молодых ученых и студентов СПбГАВМ (8-17 апреля 2019 г). – СПб., 2019. – С.3-4.
6. Штеле А.Л. Научное обоснование раннего прогнозирования яичной продуктивности кур// Птицеводство. – 2013. – №6. – С.2-7.
7. Кавтарашвили А., Новоротов Е., Гладин Д. Как добиться высокой однородности стада птицы // Птицеводство. – 2012. – №4. – С.2-7.
8. Османян А.К., Яловенко А.В., Чередов И.В. Однородность поголовья при создании равновесных сообществ в стадах мясных и яичных кур // Птицеводство. – 2015. – №4. – С.2-6.
9. Османян А.К., Чередов И.В. Выращивание и содержание яичных кур в равновесных сообществах//Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: материалы XVIII Международной конференции. – Сергиев Посад, 2015. – С.367-368.
- 10.Руководство по содержанию родительского стада Ну-line Brown. – 2018. – 16 с.
- 11.Руководство по содержанию родительского стада Ну-line W-80. – 2016. – 41с
- 12.Zita, L. Effects of Genotype, Age and Their Interaction on Egg Quality in Brown-Egg Laying Hens / L. Zita, E. Tumova, L. Stolc // Acta Veterinaria Brno. – 2009. – Vol. 78, № 1. – P. 85–91.

References

1. Aleksandrov, Yu. A. (2016), "Innovatsionnaya tekhnologiya vrascheniya remontnogo molodnyaka kur", Series *Agricultural sciences. Economic Sciences*, no. 5. - pp. 5-9 (In Russ).
2. Astrakhantsev, A. A., Isupova, N. V. (2015), "Growth and development of repair young stock and its influence on the subsequent egg productivity of laying hens", *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*, vol 45, no 4. – P. 14.
3. Khoroshevskaya, L. V., Khoroshevsky, A. P. (2019), "The parent herd is the key to the profitable operation of a poultry enterprise", *Poultry farming magazine*, no. 2, pp. 16-19.
4. Podolskaya, V. S. Podolsky, S. G., Dzholova, M. N., etc. (2019), "Fecundity of the parent flock of hens of the High-Line brown cross at the cellular system of maintenance", *Poultry farming magazine*, no. 11-12, pp. 59-62.
5. Agababova, A. S., Vasilyeva, L. T. (2019), "The influence of maintenance methods on the results of growing repair young animals", *materiali 73_i Mejdunarodnoi nauchnoi konferencii_molodih uchenih i studentov SPbGAVM* [materials of the 73rd International Scientific Conference, young scientists and students of SPbGAVM], - St. Petersburg, 8-17april 2019, pp. 3-4.
6. Shtelev, A. L. (2013), "Scientific substantiation of early forecasting of egg productivity of chickens", *Poultry farming magazine*, no. 6, pp. 2-7.
7. Kavtarashvili, A., Novorotov, E., Gladin, D. (2012), "How to achieve high uniformity of the poultry herd," *Poultry farming magazine*, no. 4, pp. 2-7.
8. Osmanyanyan, A. K., Yalovenko, A.V. (2015), "Cheredov I. V. Uniformity of livestock in the creation of breeding communities in herds of meat and egg chickens", *Poultry farming magazine*. no. 4, pp. 2-6.
9. Osmanyanyan, A. K., Cheredov, I. V. (2015), "Cultivation and maintenance of egg chickens in food communities", *"Innovative provision of egg and meat poultry production in Russia": proceedings of the XVIII International Conference*, Sergiev Posad, pp. 367-368.
10. Guide to the maintenance of the parent herd Hy-line Brown, 2018, p.16.
11. Guide to the maintenance of the parent herd Hy-line W-80, 2016, p. 41.
12. Zita, L., Tumova, E., Stolc, L. (2009), "Effects of Genotype, Age and Their Interaction on Egg Quality in Brown-Egg Laying Hens", *Acta Veterinaria Brno*, vol. 78, no. 1, pp. 85-91.

Сведения об авторах

Васильева Людмила Трофимовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 1650-7162.

Information about the authors

Vasilyeva Lyudmila Trofimovna-Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P. P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-code: 1650-7162.

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. The author of this study was directly involved in the planning, implementation and analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest

Статья поступила в редакцию 28.02.2021 г.; одобрена после рецензирования 30.04.2021 г.; принята к публикации 11.05.2021 г.

The article was submitted 28.02.2021; approved after reviewing 30.04.2021; accepted after publication 11.05.2021.

Научная статья

УДК 636.01

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-127-135

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЕ ПОЛИСПЕРМНОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ЯИЧНЫХ КУР

Игорь Ильич Попов¹, Юлия Васильевна Шошина², Светлана Анатольевна Шабанова³

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; spbgau1965mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1464-7203>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; yd1983@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; spbgau1965mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9138-5150>

Реферат. Полиспермия свойственна сравнительно небольшому числу животных. Представляет большой интерес изучение целесообразности использования в селекции птиц. Несмотря на огромное число спермиев, приходящихся на одну яйцеклетку животного, с женским пронуклеосом соединяется лишь один семенной пронуклеос, а учитывая, что при этом в цитоплазму яйцеклетки проникает несколько (полиспермия), следует предположить, что остальные спермии элиминируются. Процесс слияния, скорее всего, не является чисто механическим, а избирательным, а само явление носит название селективного оплодотворения и исследования этого явления могут быть решающими в селекционной работе.

Исследования показали, что куры, полученные от матерей, осемененных смешанными эякулятами родственных петухов, по воспроизводительным качествам и яйценоскости приближаются к показателям потомства, полученного от одного из лучших при моноспермном осеменении, и практически никогда не наблюдается снижения яйценоскости у дочерей, полученных от осеменения смешанной спермой этих же петухов.

Дальнейшие исследования показали, что осеменение кур смешанной спермой, дает высокие показатели по оплодотворенности яиц. Анализируя результаты, можно предположить, что при полиспермном осеменении создается разнокачественный набор половых клеток, усредняется содержание калия и натрия, оказывающих влияние на активность ферментов и метаболические процессы в сперматозоидах, что положительно сказывается на процессе оплодотворения.

Использование смешанной спермы показало различный вклад каждого петуха в воспроизводство популяции. При этом в смешанных эякулятах обнаруживают лидеры по количеству потомков, которые признаны отцами на основе оценки происхождения методом ДНК – финге-принтинга.

Ключевые слова: поли-моноспермное осеменение, эякуляты, петухи братья, полубратья, яйценоскость.

Цитирование. Попов И.И., Шошина Ю.В., Шабанова С.А. Использование в селекционной работе полиспермного осеменения яичных кур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (63). – С. 127-135. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-127-135

USE OF POLYSPERM INSEMINATION OF EGG HENS IN SELECTION WORK

Igor I. Popov¹, Yulia V. Shoshina², Svetlana A. Shabanova³

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; spbgau1965mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1464-7203>

²Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; yd1983@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

³Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; spbgau1965mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9138-5150>

Abstract. Polyspermia is characteristic of a relatively small number of animals. It is of great interest to study the feasibility of using it in bird breeding. Despite the huge number of sperms per egg of the animal, only one seminal pronucleos is connected to the female pronucleos, and given that several enter the cytoplasm of the egg (polyspermia), it should be assumed that the remaining sperms are eliminated. The process of fusion is most likely not purely mechanical, but selective, and the phenomenon itself is called selective fertilization, and research on this phenomenon can be decisive in selection work.

Studies have shown that chickens obtained from mothers inseminated with mixed ejaculates of related roosters, in terms of reproductive qualities and egg production, are close to the indicators of offspring obtained from one of the best in monosperm insemination, and almost never there is a decrease in egg production in daughters obtained from insemination with mixed sperm of the same roosters.

Further studies have shown that insemination of chickens with mixed sperm, gives high rates of fertilization of eggs. Analyzing the results, we can assume that polysperm insemination creates a diverse set of germ cells, averages the content of potassium and sodium, which affect the activity of enzymes and metabolic processes in spermatozoa, which has a positive effect on the fertilization process.

The use of mixed sperm showed a different contribution of each rooster to the reproduction of the population. At the same time, mixed ejaculates show leaders in the number of descendants who are recognized as fathers based on the assessment of origin by the DNA – finger-printing method.

Keywords: *poly-monosperm insemination, ejaculates, roosters brothers, half-brothers, egg-laying.*

Citation. Popov I.I, Yulia V. Shoshina Y.V. and. Shabanova S.A. (2021), "Use of polysperm insemination of egg hens in breeding work", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no.2, pp. 127-135. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-127-135

Введение. Размножение кур эволюционно базируется на полиспермии. Поэтому возникает вопрос: не сдерживается ли генетический прогресс в птицеводстве при использовании моноспермного осеменения? В связи с этим на повестку дня встал вопрос о целесообразности использования в селекции птиц не только моноспермного, но и полиспермного осеменения. Известно, что при полиспермном осеменении кур инкубационные качества яиц выше, чем при моноспермном осеменении. Так, если при моноспермном осеменении оплодотворенность яиц колеблется от 0 до 100%, то полиспермное осеменение позволяет стабильно получать 90,0% и выше оплодотворенных яиц. Как видно, здесь присутствует фактор избирательной способности при оплодотворении яйцеклетки.

Еще Ч. Дарвин указывал на то, что при оплодотворении яйцеклетки остальные спермии не лишние, они несут функцию рассасывания желтка яйцеклетки и обеспечивают эмбрион дополнительными питательными веществами. Х.Ф. Кушнер отмечает работу Боневой, которая видит пользу от полиспермного осеменения в том, что дополнительные спермии привносят необходимый для нормального обмена веществ физиологически активный хроматин. Цыплята, полученные от полиспермного осеменения, имеют превосходство над цыплятами, полученными от моноспермного осеменения, по эмбриональной и постэмбриональной жизнеспособности, они лучше растут и отличаются более высоким содержанием гемоглобина в крови.

О влиянии на качество потомства спермы петухов другой породы при естественном спаривании кур с петухами нескольких пород указывала в 1961 г. И.Л. Гальперн [4].

В исследованиях Van H. Pingel and Christine Schubert [1] показано, что смешивание спермы петухов разных пород позволило на 4-15% увеличить оплодотворенность яиц и на 6-11% их выводимость. Смешивание спермы петухов со спермой индюков и мускусных селезней или добавление в сперму лейкоцитов крови другой породы позволяет получать еще более контрастные результаты по вышеназванным параметрам.

Раецкий А.В. [2] при выведении линии М5 яичных кур московской породы с целью получения более жизнеспособной птицы с хорошей яйценоскостью использовал осеменение кур спермой нескольких петухов. Кроме того, S. Resovsky et.al. [3] отмечали увеличение оплодотворенности яиц на 22,0% при осеменении кур породы красный и белый род-айланд смешанной спермой петухов. Кстати, данные об улучшении хозяйственных показателей при

использовании смешанных эякулятов отмечаются так же и в свиноводстве. Смешивание эякулятов хряков одной породы увеличивает оплодотворяемость на 10,0%, увеличивается многоплодие и интенсивность роста поросят при выращивании и откорме [4,5].

Цель исследования – разработка новых и совершенствование существующих приемов и методов повышения реализации генетического потенциала хозяйственно – полезных признаков сельскохозяйственных птиц и использование для этой задачи возможности применения в селекционной работе смешанных эякулятов родственных групп петухов-производителей.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проведены в экспериментальном хозяйстве ВНИИГРЖ на яичных курах, селекционируемых на поликроссной основе, а также на курах кросса «Lohmann LSL». Группы были сформированы по методу кур-аналогов (по типу сложных гнезд).

Куры и петухи содержались в индивидуальных клетках. Яйца от кур взвешивали в возрасте 26-30 недель и 48-52 недели жизни.

Для исследования отцовства применялись иммуногенетические тесты, отличающиеся константностью в онтогенезе. Для тестирования использовались 40 иммунных специфических сывороток, часть которых была получена в Институте общей генетики АН СССР, а часть – в отделе селекции и генетики УНИИП (Украинский научно-исследовательский институт птицеводства).

Так как тип крови у кур формируется полностью в течение эмбриогенеза и первого месяца после вывода, кровь из крыловой вены для исследований брали у цыплят по достижении ими месячного возраста.

Результаты исследований. Анализ племенной характеристики кур, от которых получены дочери в результате применения полиспермного осеменения, позволил нам сделать вывод о преимуществе этого метода по сравнению с моноспермным осеменением. Куры, полученные от матерей, осемененных смешанными эякулятами петухов-братьев, по воспроизводительным качествам и яйценоскости приближаются к показателям потомства, полученного от одного из лучших братьев при моноспермном осеменении, и практически никогда не наблюдается снижения яйценоскости у дочерей, полученных от осеменения смешанной спермой этих же петухов (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивные качества кур, полученных от матерей, осемененных индивидуальными и смешанными эякулятами петухов-братьев и полубратьев
 Table 1. Productive qualities of chickens obtained from mothers inseminated with individual and mixed ejaculates of roosters-brothers and half-brothers

№ петухов	Используемые эякуляты	Оплодотворенность яиц, %	Вывод цыплят, %	n	Половая зрелость, дней	Яйценоскость за 76 недель, шт.
<i>Братья</i>						
5	Индивидуальные	83,7	73,8	30	152,5	279,5
6	Индивидуальные	96,7	88,4	31	159,0	276,3
5 + 6	Смешанные	92,8	84,9	38	156,1	277,4
32	Индивидуальные	90,0	85,0	31	145,0	2 91,5
33	Индивидуальные	87,2	78,2	12	148,0	297,0
34	Индивидуальные	98,9	87,9	18	150,6	283,2
32+33+34	Смешанные	97,0	84,8	18	155,3	289,7
56	Индивидуальные	88,9	77,5	22	149,4	278,9
57	Индивидуальные	98,6	86,3	12	148,3	291,3
56+57	Смешанные	88,6	78,5	13	153,1	268,7
59	Индивидуальные	91,0	78,6	10	151,2	269,8
60	Индивидуальные	60,8	38,2	8	146,4	264,8
59+60	Смешанные	80,2	63,9	20	158,8	270,8

Полубратья						
1	Индивидуальные	94,7	87,4	30	153,0	299,4
2	Индивидуальные	82,8	81,1	31	151,1	270,0
3	Индивидуальные	90,3	84,9	14	151,8	286,7
1+2+3	Смешанные	97,8	91,4	17	153,2	283,3
14	Индивидуальные	80,5	74,4	18	149,2	254,7
15	Индивидуальные	90,3	83,9	17	150,0	271,5
14+15	Смешанные	91,0	86,5	5	151,3	269,2
29	Индивидуальные	84,6	77,2	33	145,4	293,9
30	Индивидуальные	95,1	91,3	21	150,0	285,6
29+30	Смешанные	97,4	90,8	28	143,1	300,2
49	Индивидуальные	95,3	90,7	27	151,2	264,6
50	Индивидуальные	93,4	86,9	36	154,3	260,0
49+50	Смешанные	91,6	87,4	22	149,0	281,5

Наиболее контрастные результаты при использовании моно- и полиспермных эякулятов наблюдаются у петухов-полубратьев. Дочери, полученные от осеменения кур смешанной спермой, как правило, превосходят дочерей, полученных от осеменения кур индивидуальными эякулятами этих же петухов.

Обработка материалов по яичной продуктивности кур-дочерей, полученных от использования индивидуальных и смешанных эякулятов, показала, что при линейном разведении (табл. 2) различий практически нет, что, очевидно, связано с генетической однородностью линий, где прогресс селекции замедлен и, в большей степени, связан со специфической комбинационной способностью кур и петухов.

Таблица 2. Продуктивность кур, полученных от моно- и полиспермного осеменения
 Table 2. Productivity of chickens obtained from mono - and polyspermy Insemination

Показатели	Куры, полученные от осеменения спермой петухов при использовании эякулятов		
	смешанных		индивидуальных
	братьев	полубратьев	
Число кур, гол.	1307	149	724
Половая зрелость, дней	166,7±0,5	168,3±1,2	168,0±0,6
Масса яиц, г в неделю: 30 52	55,2±0,1 61,3±0,1	55,1 ±0,3 61,6±0,4	55,2±0,1 61,3±0,2
Яйценоскость, шт. за 77 недель жизни на несушку – начальную – среднюю	264,0±1,7 272,3±2,2	260,4±5,0 267,6±6,2	263,8±2,3 272,8±2,9
Яичная масса, кг	15,93±0,08	16,01±0,21	15,95±0,10
Сохранность, %	84,6	83,9	85,8

При межлинейном скрещивании несушки, полученные от смешанных эякулятов братьев и полубратьев, оказались наиболее продуктивными. Их яйценоскость на 5,9-14,0 яиц на начальную и 2,4-9,4 яиц на среднюю несушку выше, чем у кур, полученных от индивидуальных эякулятов. Значительно превосходят они сверстниц и по жизнеспособности (88,3 и 83,7%) (табл. 3).

Динамика интенсивности кладки кур свидетельствует о том, что дочери из разных групп по этому признаку значительно отличаются. У кур, полученных от моноспермного осеменения

матерей, выше яйценоскость в первые три месяца начала кладки, однако с 4-го месяца уровень кладки ниже. Пик кладки выше у кур, полученных от смешанных эякулятов, у них же более равномерный темп снижения интенсивности кладки после пика.

Таблица 3. Продуктивность гибридных кур, полученных от моно- и полиспермного осеменения кур
 Table 3. Productivity of hybrid chickens obtained from mono- and polysperm insemination of chickens

Показатели	Куры, полученные от осеменения спермой петухов при использовании эякулятов		
	смешанных		индивидуальных
	братьев	полубратьев	
Число кур, гол.	1327	154	741
Половая зрелость, дней	162,5±0,5	166,3±1,3	161,9±0,7
Масса яиц, г в недель: 30	55,7±0,1	55,2 ±0,3	55,1±0,1
52	61,1±0,1	60,9±0,3	60,9±0,1
Яйценоскость, шт. за 77 недель жизни на несушку – начальную	267,2±1,7	275,±4,6	261,3±2,5
– среднюю	275,6±2,1	282,6±5,6	273,2±3,2
Яичная масса, кг	16,34±0,07	16,54±0,18	16,23±0,09
Сохранность, %	85,8	88,3	83,7

Это, очевидно, связано с гетерозисом по жизнеспособности кур, который в свою очередь, очевидно, обусловлен избирательностью при оплодотворении и множественным проникновением в яйцеклетку спермиев разных петухов.

В то же время, использование смешанных эякулятов петухов воспринимается учеными неоднозначно. Так, А.В. Раецкий [6] считает, что смешанную сперму нескольких петухов можно успешно использовать для искусственного осеменения кур при чистопородном разведении и с большим эффектом при гибридизации, но полиспермное осеменение нельзя рассматривать, как универсальный способ, всегда дающий положительный эффект по ряду показателей. Необходим правильный методический подход к выбору пород, линий, производителей и их соотношению в группе, что является основой успеха применения этого способа воспроизводства чистопородной и особенно гибридной птицы, повышающего ее продуктивность.

Так, было установлено, что при полиспермном осеменении можно регулировать процент выхода потомков от каждого конкретного петуха. Считается, что это зависит от способа подготовки спермодозы для полиспермного осеменения. При смешивании эякулятов для приготовления спермодозы без учета концентрации в них спермиев, потомство по отцу распределяется неравномерно (например, 68% – 5% – 27%), а при выравнивании в смеси числа спермиев от каждого петуха, это соотношение составляет 43% – 23% – 34%, то есть приближается к желаемому [8].

Однако в опытах, проведенных Ньето Саласом А.Х. на курах породы род-айланд, осеменявшихся смесью спермы петухов трех пород: русской белой, полтавской глинистой и минорки, показано, что доля спермиев в эякуляте и число потомков от каждого петуха не связаны между собой. Так, доля спермиев в эякуляте составила по породам соответственно: 44%, 28%, 28% по каждому петуху, а число полученных от них потомков – 34%, 22%, 44%. При выравнивании доли спермиев в спермодозе (33%, 33%, 33%) распределение по потомству оказалось – 55%, 24%, 21% [9].

Аналогичные результаты были получены ранее И. Новик с соавторами. Так, при осеменении кур породы нью-гемпшир смесью спермы двух петухов этой породы, обладающей одинаковой оплодотворяющей способностью, число цыплят, полученных от каждого петуха, составило 38,5% и 61,5%. А во втором опыте оплодотворенность яиц кур русской белой

породы *при* осеменении их спермой первого петуха была хуже, чем спермой второго, и все же процент цыплят, полученных от первого производителя, был в 2 раза больше, чем от второго (66,7% против 34,3%) [10].

Исследования, проведенные в свиноводстве, показали, что смешивание спермы от трех хряков в разных сочетаниях давало при осеменении свиноматок преимущество при получении потомков одному и тому же хряку [6].

Опыты, проведенные нами совместно с сотрудниками лаборатории генофонда сельскохозяйственных животных ВНИИГРЖ и отдела иммуногенетики института птицеводства УААН (Украина, Харьков) на курах породы юрловская голосистая, позволили установить преобладание потомства одного петуха, как при использовании 2–4-х самцов при естественном спаривании с курами в секции, так и при искусственном осеменении от смешанных эякулятов (от 2–4-х петухов) свежеполученной и замороженно-оттаянной спермой (табл. 4). Индивидуальная проверка оплодотворяющей способности спермы этих петухов показала относительно небольшой разброс по этому показателю (80,0 – 98,0%), что исключает наличие петухов с нежизнеспособной спермой.

Доминирование петуха, как правило, четко прослеживается независимо от способа воспроизводства: от 60,0 до 100,0% потомков имеют одного и того же отца, хотя во II группе петух №3 был «лидером» при искусственном осеменении и не дал потомства при естественном спаривании.

Очевидно, что при естественном спаривании решающую роль играет избирательность полов, в том числе и половая активность петуха, а при искусственном осеменении – избирательность гамет при оплодотворении.

Далее мы попытались выяснить, а как ведет себя в смеси сперма петухов лидеров и их сыновей и можно ли рассчитывать на получение от осеменения такой смесью более или менее одинакового числа потомков. Для этого сформированные из ранее исследованных по антигенным факторам групп крови три группы кур осеменяли искусственно смесью свежеполученной спермы двух петухов (табл. 4).

Таблица 4. Распределение потомства по петухам при воспроизводстве кур в гнездах
Table 4. Distribution of offspring by roosters during the reproduction of chickens in nests

Группа	N петухов-отцов	При естественном спаривании		При искусственном осеменении			
		обследовано потомков, гол.	отнесено к петуху-отцу, %	свежей спермой		криоконсервированной спермой	
				обследовано потомков, гол.	отнесено к петуху-отцу, %	обследовано потомков, гол.	отнесено к петуху-отцу, %
I	1	42	3,0	31	13,8	9	0
	2		97,0		86,2		100,0
II	3	66	0	59	78,0	15	66,7
	4		5,0		-		-
	5		37,5		-		-
	6		57,5		22,0		33,3
III	7	53	12,1	21	13,3	28	13,3
	8		4,9		0		6,7
	9		75,6		86,7		60,0
	10		7,4		0		20,0

Опыты показали, что при использовании в гнездах петухов-лидеров по числу оставляемых потомков (№ 3 и № 9), число цыплят распределилось в пропорции, близкой к 50,0%. Во второй группе распределение потомков, полученных от сыновей петухов-лидеров, так же оказалось близким к оптимальному. В третьей группе петух № 14 (сын петуха № 8, имевшего незначительное число потомков) так же дал наименьшее число цыплят. Отмечается тенденция к наследованию превосходства по числу оставляемых потомков сыновьями петуха-лидера.

Следовательно, при разведении с использованием смешанной спермы в каждом последующем поколении происходит нарастание гомозиготности, что приводит к сужению генетического разнообразия популяции.

Таким образом, при искусственном осеменении и использовании смешанной спермы вклад каждого петуха в воспроизводство популяции неодинаков, причем число потомков, оставляемых каждым производителем при условии нормального качества спермы, не зависит ни от качества спермы в пределах нормы, ни от доли спермиев этих производителей в эякуляте. На распределение потомства по отцам не влияют также способы воспроизводства птицы. Очевидно, решающую роль в распределении потомства по петухам играет избирательность гамет.

Выводы. По нашему мнению, в целях постоянного достижения селекционного эффекта необходимо оценивать по качеству потомства отдельных петухов и использовать при гнездовом воспроизводстве линий в чистоте моноспермное осеменение; при селекции на комбинационную способность при межлинейном скрещивании более рационально для повышения достоверности оценки генотипов использовать смешанные эякуляты родственных петухов, причем тщательно подбирать сообщества петухов, смесь эякулятов которых будет использована при искусственном осеменении кур.

Список источников литературы

1. Von H. Pingel, Christine Schubert Einffus immunologischer Faktoren auf Befruchtungspersistenz und embryonale Fruhsterblichkeit beim Huhn //Mh. Vet. – Med.–Jena, 1984. – Н. 16. – Р. 559-561.
2. Раецкий А.В. Повышение продуктивности яичных кур при использовании полиспермного осеменения: сб. науч. тр. ВНИИ физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. – 1985. – Вып. 31. – С. 143-148.
3. Resovsky S., Chrappa V., Spronc A., Peter V. Vyskum plemenarskeho vyuzitia inseminacie nosnic v klietkovom chove //Ved. pr. Hydin. – 1973. – V.13. – Р. 79-100.
4. Рустенов А.Р., Отаров К.М., Рустенова Р.М. Влияние смешанной спермы на продуктивность свиноматок //Казакстан ауыл шаруашылык Е ылымынын хабаршысы. – Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1976. – С. 71-73.
5. Хурум Н.Б. Гетероспермное осеменение свиноматок // Труды Кубанского государственного аграрного университета. –1992. – № 324. – С. 67-71.
6. Семак М.С., Новиков А.А. Количественное соотношение потомков при осеменении свиноматок смешанной спермой трех производителей // Итоги селекционно-племенной работы в свиноводстве. – Лесные Поляны, 1992. – С. 98-102.
7. Никитин Д.С., А.Г. Бычаев Использование монополиспермного осеменения птицы при сохранении генофонда // Вестник студенческого научного общества: сб. научных трудов «Научный вклад молодых исследователей в инновационное развитие АПК». СПбГАУ Ч.1. – СПб., 2014. – С. 193-194.
8. Плешанов Н.В. Феномен избирательности в процессе оплодотворения и его влияние на воспроизводство у кур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 37. – С. 72-75.
9. Племенная работа в птицеводстве: методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020.
10. Маслова Г.Т., Сидоров А.В. Методические указания по курсу «Биология индивидуального развития». – Белгород: Белорусский государственный университет, 2003. – С. 9-12.

References

1. Von H. Pingel, Christine Schubert (1984), *Einfluss immunologischer Faktoren auf Befruchtungspersistenz und embryonale Frühsterblichkeit beim Huhn*, Mh. Vet. Med. Jena, H. 16, P. 559-561.
2. Raetsky, A.V. (1985), «*Increasing the productivity of egg chickens when using polysperm insemination*» [Sb. nauch. tr. VNII fiziologii, biochemistry and nutrition of agricultural animals], (In Russia), Issue 31, pp. 143-148.
3. Resovsky, S., Chrappa, V., Spronc A., Peter, V. (1973), *Vyskum plemenarskeho vyuzitia inseminacie nosnic v klietkovom chove*, Ved. pr. Hydin, V.13, P. 79-100.
4. Rustenov, A.R., Otarov, K.M., Rustenova, R.M. (1976), «*The effect of mixed sperm on the productivity of sows*», Kazakstan auyl sharuashylyk E ylymynyn khabarshysy, Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan, p. 71-73.
5. Hurum, N.B. (1992), «*Heterosperm insemination of sows*», Tr. Kuban State University. Agricultural Universityno. 324. pp. 67-71.
6. Semak, M. S., Novikov, A. A. (1992), «*Quantitative ratio of descendants during insemination of sows with mixed sperm of three producers*», Results of selection and breeding work in pig breeding, Lesnye Polyany, pp. 98-102.
7. Nikitin, D. S., Bychaev, A. G (2014). *The use of monopolisperm insemination of poultry while preserving the gene pool*. Bulletin of the student scientific society: nauchn. journal: Comp. Based on the materials of the International scientific Journal. -practical conference "the Scientific contribution of young researchers to the innovative development of agriculture" (SPb., in Russ), Part 1. – pp. 193-194.
8. Pleshanov, N.V. (2014). The phenomenon of selectivity in the process of fertilization and its impact on reproduction in hens, № 37, pp. 72-75.
9. Breeding work in poultry farming: methodological guidelines for students on the development of the discipline. – Orenburg. Orenburg State University, 2020.
10. Maslova G.T., Sidorov A.V. Methodological guidelines for the course "Biology of individual development". – Belgorod. Belarusian State University, 2003, p. 9-12.

Сведения об авторах

Попов Игорь Ильич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Шошина Юлия Васильевна – старший преподаватель кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2851-6157.

Шабанова Светлана Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры птицеводства и мелкого животноводства им. П.П. Царенко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Igor I. Popov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

Yulia V. Shoshina - Senior Lecturer of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2851-6157.

Svetlana A. Shabanova -Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Poultry and Small Animal Husbandry named after P.P. Tsarenko, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

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 20.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 14.06.2021 г.; принята к публикации 20.06.2021 г.

The article was submitted 20.04.2021; approved after reviewing 14.06.2021; accepted after publication 20.06.2021.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ
АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ
ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES
OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS**

Научная статья

УДК 621.311(07)

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-136-145

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ**

Сергей Васильевич Гулин¹, Александр Григорьевич Пиркин²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; serg.gulin2010@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7355-0498>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; pirkin.ag@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1961-8831>

Реферат. Важнейшим направлением при изучении процессов облучения биологических объектов в контролируемой и регулируемой среде является обеспечение минимума расхода электрической энергии. Это может быть достигнуто правильным выбором источников света, обладающих соответствующими кривыми светораспределения и оптимальным расположением этих источников. В настоящей статье рассмотрены проблемы энергосбережения в области использования энергии оптического излучения в культивационных сооружениях защищенного грунта. В качестве основного критерия при оценке эффективности технических средств, обеспечивающих преобразование электрической энергии в энергию оптического излучения, предложено использовать энергоемкость, как минимальную потребность в энергии на единицу выпускаемой продукции. В статье предложено общее математическое выражение для расчета энергии, потребленной облучаемым биологическим объектом. Полученные с его помощью результаты позволяют создавать и модернизировать соответствующие приборы, установки и технологические процессы, а также проводить оптимизацию технических средств и систем по спектральным характеристикам и мощности облучения. В работе сформулирован критерий технико-экономической эффективности облучательных установок и предложены технические решения, обеспечивающие его оптимальность. В завершающей части статьи показано, как использование методов бизнес-инжиниринга позволяет обеспечить минимизацию расходов энергетических и материальных ресурсов в процессе производства продукции растениеводства в тепличных хозяйствах. На основании сравнения оценки эффективности систем досвечивания растений были предложены энергосберегающие электротехнологии светокультуры.

Ключевые слова: биоценоз, облучательные установки, оптические электротехнологии, энергоемкость продукции, энергосбережение

Цитирование. Гулин С.В., Пиркин А.Г. Решение задач энергосбережения в электротехнологических системах облучения растений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №2 (63). – С. 136-145. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-136-145

**SOLUTION OF ENERGY SAVING PROBLEMS IN ELECTRICAL TECHNOLOGICAL
SYSTEMS OF IRRADIATION OF PLANTS**

Sergey V. Gulin¹, Alexander G. Pirkin²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; serg.gulin2010@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7355-0498>

² Saint-Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; pirkin.ag@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-1961-8831>

Abstract. The most important direction in the study of irradiation processes biological objects in a controlled and regulated environment is to ensure a minimum consumption of electrical energy. This can be achieved by choosing the right light sources with appropriate light distribution curves and optimal placement of these light sources. This article deals with the problems of energy saving in the field of using the energy of optical radiation in cultivation facilities in protected ground. As the main criterion for assessing the efficiency of technical means ensuring the conversion of electrical energy into optical radiation energy, it is proposed to use energy intensity as the minimum energy requirement per unit of output. The article proposes a general mathematical expression for calculating the energy consumed by an irradiated biological object. The results obtained with its help make it possible to create and modernize the corresponding devices, installations and technological processes, as well as to optimize technical means and systems in terms of spectral characteristics and irradiation power. The paper formulates a criterion for the technical and economic efficiency of irradiators and proposes technical solutions to ensure its optimality. The final part of the article shows how the use of business engineering methods allows minimizing the consumption of energy and material resources in the process of crop production in greenhouses systems for illumination of plants have been proposed energy-saving electrical technologies of photoculture.

Keywords: *biocenosis, irradiation installations, optical electrical technologies, energy intensity of products, energy saving*

Citation. Gulin, S.V. and Pirkin, A.G. (2021) “Solution of problems of energy saving in electrotechnological systems of irradiation of plants”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 136-145. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-136-145

Введение. Рассмотрение вопроса искусственного облучения биологических объектов в контролируемой и регулируемой среде предполагает обеспечение минимума расхода энергии, что в свою очередь может быть достигнуто обоснованным выбором источников света, соответствующей конфигурацией системы распределения светового потока, оптимально построенной схемой расположения светильников относительно растительного ценоза и другими технологическими мероприятиями. Все это говорит о том, что проблема энергосбережения здесь является одной из самых актуальных.

В настоящее время имеются достаточно большие возможности для решения задач применения оптического излучения (ОИ) как регулирующего структурного фактора. Более того, многообразие технических средств (источников света, световых приборов, пускорегулирующей аппаратуры, электронных систем управления освещением) позволяет формировать новые принципы и приемы техники применения оптических электротехнологий (ОЭТ). Следует отметить, что ряд технологических процессов ОЭТ не имеет альтернативы. Это, прежде всего, процессы, протекающие в культивационных сооружениях защищенного грунта, в которых ОИ является важнейшим фактором обеспечения микроклимата.

Все вышеперечисленные технические средства в совокупности с биологическим объектом образуют биотехническую систему, в которой основным продуктообразующим звеном является биоценоз.

В данной системе ОИ формирует поток энергии, который, претерпевая процессы переноса и преобразования, превращается в электромагнитное излучение, параметры которого обеспечивают требуемый технологический эффект. В итоге получаем ОЭТ, включающие в себя генерацию и перераспределение параметров ОИ в пространстве и по поверхности, формирование необходимого закона изменения потока во времени и его спектрального состава с целью обеспечения полезной реакции агроценоза.

Предложенная в статье методика по эффективности применения источников света и облучателей апробирована в томатном и салатном отделениях тепличного комбината ООО «Круглый год» Бокситогорского района Ленинградской области.

Цель исследования – разработка методики исследования процесса энергосбережения в электротехнологических системах облучения биологических объектов, построенной на использовании методологии бизнес-инжиниринга и ее производственная адаптация на

примере сравнения показателей эффективности светокультуры на базе облучателей «Рефлекс» с лампами ДНаТ мощностью 400, 600 и 1000 Вт и светодиодных облучателей Нурегіон 3000 мощностью 1000 и 1110 Вт в теплицах Агрофирмы ООО «Круглый год», расположенных в городе Пикалево Бокситогорского района Ленинградской области. Формированию методологии бизнес-инжиниринга посвящен ряд научных работ [1, 2, 3].

Материалы, методы и объекты исследований. Системы облучения представляют собой совокупность облучательных установок, являющихся техническими средствами, обеспечивающими процесс ОИ.

На рисунке 1 представлена общая структурная схема энергетического потока ОИ.

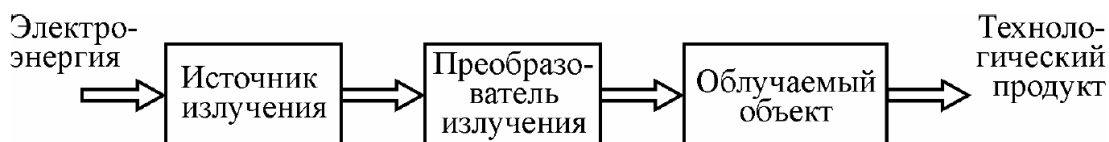


Рисунок 1. Структурная схема энергетического потока ОИ
 Figure 1. Block diagram of the energy flow of optical radiation

Мощность энергетического потока оптического излучения $P_{\text{ОИ}}$ можно распределить по трем направлениям: по времени, по спектру и излучению по поверхности облучаемого тела или пространственное распределение энергии ОИ (рис. 2).

Следует отметить, что распределение потока по поверхности облучаемого тела (при фиксированных компоновочных параметрах) вполне однозначно определяется распределением потока в пространстве. Следовательно, эти характеристики распределения следует объединить в одну группу.

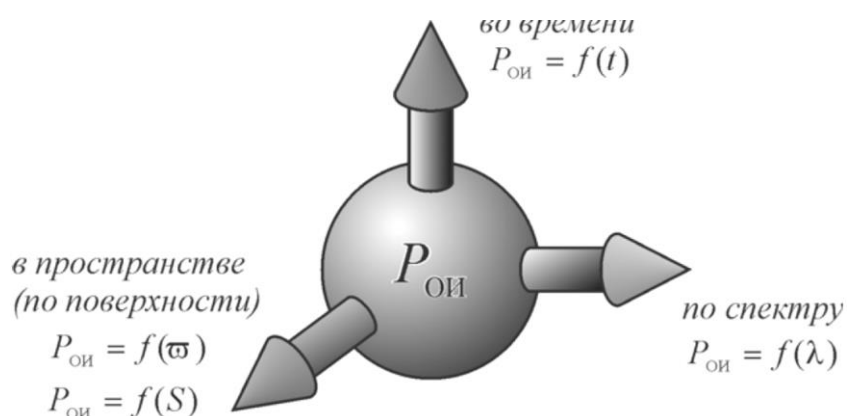


Рисунок 2. Параметры распределения характеристик ОИ
 Figure 2. Parameters of the distribution of optical radiation characteristics

Таким образом, основными влияющими на биологический объект параметрами ОИ являются время излучения, поверхностная плотность потока излучения и спектральное распределение энергии.

Введя допущение о том, что площадью (поверхностью) облучаемого биологического объекта (ОБО) являются верхушки растений, а также не учитывая распределения потока излучения по их высоте, получим общее математическое выражение для расчета энергии, передаваемой ОБО:

$$\mathcal{E}_{\text{обо}} = \int_{t_1}^{t_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{s_1}^{s_2} P_{\text{ОИ}}(t, \lambda, s) dt d\lambda ds, \quad (1)$$

где $\Delta t = t_1 - t_2$ – временной диапазон облучения биологического объекта, ч.;

$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ – спектральный интервал оптического излучения, нм;

$\Delta S = S_2 - S_1$ – площадь поверхности облучаемого биологического объекта, м².

Геометрически $\mathcal{E}_{\text{ОБО}}$ представляет собой некоторое тело в трехмерном пространстве, координатами которого являются текущее время, длина волны ОИ и площадь облучаемой поверхности ОБО.

Вычисление тройного интеграла (1) дает возможность осуществить совершенствование технических средств ОИ путем создания и модернизации приборов, установок и технологических процессов, оптимизированных по времени, спектральным характеристикам.

С целью создания относительно больших (до 500 Вт/м²) уровней облученностей физиологически активной радиации (ФАР) для растений, культивируемых в условиях контролируемой среды, применяют искусственные источники излучения, общая установленная электрическая мощность которых в облучающих устройствах может достигать от нескольких единиц до десятка киловатт на 1 м² облучаемой площади. Для этих целей в основном используются источники излучения с лампами от 0,5 до 6 кВт электрической мощности (зеркальные и галогенные лампы накаливания, дуговые ксеноновые лампы, лампы МГЛ и др.). В зависимости от способа преобразования подводимой электрической энергии в энергию оптического излучения источники света подразделяются на две основные группы:

- тепловые, в которых энергия излучения образуется за счет преобразования тепловой энергии, образующейся за счет прохождения электрического тока по телу накала лампы. К таким источникам следует отнести мощные зеркальные и галогенные лампы накаливания;

- газоразрядные, отличительной особенностью которых является то, что энергия излучения в них образуется за счет энергии электрического разряда в газах и парах металлов. К ним можно отнести мощные ксеноновые, ртутные, металлогалогенные, а также натриевые лампы высокого давления;

- твердотельные или светодиодные источники оптического излучения, являющиеся весьма перспективными для светоделикультуры. Эти источники экономичны, энергоэффективны, долговечны и обеспечивают варьирование и регулирование спектральных характеристик. Современные технологии производства предоставляют инструментарий для конфигурирования и программирования их блоков питания.

Результаты исследований. Завершающим этапом решения задач энергосбережения является технико-экономическая оценка эффективности функционирования различных типов ламп при их выборе для систем облучения растений.

Выбор таких источников излучения обусловлен тем, чтобы они смогли бы наилучшим образом удовлетворить условиям получения максимальных урожаев полезной биомассы растений $U_{\text{полезн}}$.

Достижение $\text{MAX} \{U_{\text{полезн}}\}$ является важнейшим обстоятельством при проектировании облучающих устройств. От правильного выбора источников излучения зависят как ожидаемая эффективность использования этих устройств, так и сами технико-экономические возможности их создания.

Таким образом, величину $U_{\text{полезн}}$ следует рассматривать в качестве основного (общего) критерия технико-экономической эффективности облучательных систем.

Математическое выражение, связывающее общий и частные критерии оценки эффективности облучательных систем, можно представить следующим образом:

$$U_{\text{полезн}}(t) = F[\alpha_1(t) + \alpha_2(t) + \dots + \alpha_n(t)], \quad (2)$$

где n – общее количество частных критериев;

$\alpha_1(t), \alpha_2(t) \dots \alpha_n(t)$ – зависимости частных критериев эффективности от времени.

Полагая, что $\alpha_1(t), \alpha_2(t) \dots \alpha_n(t)$ представляют собой случайные функции времени, выражение (2) приобретает следующий вид:

$$MO[Y_{\text{полезн}}(t)] = F\{MO[\alpha_1(t)], MO[\alpha_2(t)], \dots, MO[\alpha_n(t)]\}, \quad (3)$$

где $MO[\alpha_1(t)], MO[\alpha_2(t)], \dots, MO[\alpha_n(t)]$ – математические ожидания значений частных критериев эффективности $\alpha_1(t), \alpha_2(t) \dots \alpha_n(t)$.

Оценку того или иного типа источника излучения как частного критерия эффективности следует начинать с оценки физиологической значимости его спектральных характеристик при воздействии на растения. Такая оценка должна производиться по некоторым частным параметрам и основываться на учете влияния спектра излучения ламп на процессы фотосинтеза, роста и формирования растений. Сравнительную физиологическую эффективность источников излучения можно оценивать по величинам потоков физиологически активной радиации (ФАР) и количеству квантов, содержащихся в единице каждого из потоков.

Следует отметить, что принятые на сегодня методики оценки физиологической эффективности источников излучения по величине интегрального потока физиологически активной радиации (ФАР) во всей области длин волн от 400 до 720 нм и суммарному количеству квантов в этой области не полностью отражают специфическую роль отдельных участков спектра физиологически активной радиации. Этот последний фактор особенно существен при сопоставлении источников излучения, имеющих различные соотношения спектральных участков в пределах ФАР.

При оценке специфической роли отдельных участков спектра ФАР у сравниваемых по физиологической эффективности источников излучения исходят из того, что условия нормальной жизнедеятельности растений определяются следующими тремя основными группами реакций на воздействие излучений. Это фотосинтез, фотоморфогенез, синтез хлорофилла (рис. 3).

Наиболее распространенной в этой области является система параметров, основанная на фотосинтетической активной радиации (ФАР), или photosynthetically available radiation (PAR).

Поток ФАР измеряется в мкмоль фотонов в секунду. Фотон – элементарная частица, квант электромагнитного излучения (в узком смысле – света) в виде поперечных электромагнитных волн и переносчик электромагнитного взаимодействия. Фотоны, способные участвовать в фотосинтезе, считаются фотосинтетическими фотонами.

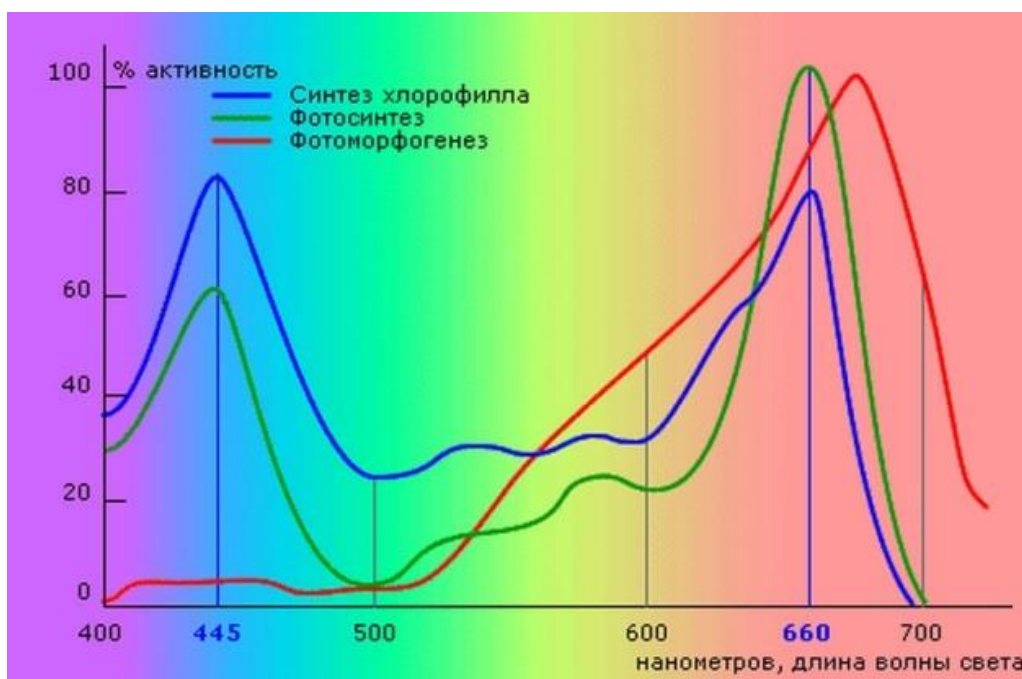


Рисунок 3. Реакция растений на оптическое излучение

Figure 3. Reaction of plants on optical radiation

Фотосинтетический фотонный поток – суммарное число фотонов, излучаемых в секунду в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм (мкмоль/с). Вместе с тем поток ФАР можно выражать в единицах энергии интенсивности излучения (Вт). Это правомерно при оценке баланса энергии фотосинтезирующих организмов. Но, поскольку фотосинтез является квантовым процессом, в физиологии растений поток ФАР чаще оценивают как фотосинтетический фотонный поток (ФФП), или photosynthetic proton flux (PPF), представляющий собой общее число фотонов, испускаемых световыми лучами во всех направлениях в секунду. Плотность фотосинтетического фотонного потока (ПФФП), или photosynthetic photon flux density (PPFD) представляет собой количество фотосинтетически активных фотонов, которые падают на измеряемую поверхность каждую секунду. Её величина отражается в микромолях в метре квадратом в секунду. Интегральная доза облучения (ИДО), или daily light integral (DLI) – это показатель количества фотосинтетически активных фотонов за фотопериод Δt , измеряется в мкмоль/с \times м².

Следует отметить, что излучение ФАР не учитывает разницу между разными длинами волн в диапазоне 400 – 700 нм. Кроме того, предполагается, что волны за пределами этого диапазона имеют нулевую фотосинтетическую активность. Но для конкретного спектра излучения фотосинтетический фотонный поток в мкмоль/с можно модифицировать, используя весовые коэффициенты для каждой длины волны. Этот параметр представляет собой ФАР, взвешенную в соответствии с эффективностью фотосинтеза по каждой длине волны. Он носит название «усваиваемый растением поток фотонов», или yield photon flux (YPF). Тогда с учетом спектральной чувствительности растений формула (1) примет вид:

$$\mathcal{E}_{\text{обо}} = \int_{t_1}^{t_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{s_1}^{s_2} P_{\text{он}}(t, \lambda, s) k(\lambda) dt d\lambda ds, \quad (4)$$

где $k(\lambda)$ – коэффициент спектральной чувствительности биологического объекта.

Коэффициенты перевода потока ФАР в энергетических единицах в поток ФАР в молях фотонов или в световой поток зависят от спектра излучения источника излучения и представляется в специальных таблицах.

Важнейшим частным критерием, обеспечивающим получение максимальных урожаев в условиях светокультуры, является строгое соблюдение физиологических уровней фотосинтетической облученности применительно к конкретной растительной культуре в соответствии с технологическими нормативами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Потребность растений в фотосинтетическом освещении
 Table 1. The need for plants for photosynthetic lighting

Растительная культура	ПФФП, не менее, мкмоль/с \times м ²
Проростки зерна, грибов, орхидеи	75
Зеленые растения, пряные травы, корнеплоды	150
Клубника, перец, мелкие томаты (черри), цитрусовые	250
Крупные томаты, огурцы, бахчевые	350

Высокая биологическая и энергетическая эффективность источников искусственного света в конечном счете определит экономический эффект светокультуры растений и возможность более широкого ее использования в тепличных хозяйствах. Для выполнения этой задачи на сегодняшний день налажен выпуск растениеводческих ламп и световых приборов, имеющих не только высокий КПД, но и благоприятный для растений спектральный состав.

Наибольшую эффективность по всем энергетическим показателям показывают облучатели и системы облучения на базе натриевых ламп высокого давления (ДНаТ) и специализированные под светокультуру облучатели на базе твердотельных источников излучения (LED-облучатели).

В таблице 2 приведены сводные данные, полученные с использованием предложенной в статье методике, по эффективности применения источников света и облучателей в томатном и салатном отделениях площадью 9360 м² в тепличном комбинате ООО «Круглый год». Приведены основные показатели эффективности светокультуры на базе облучателей «Рефлекс» с лампами ДНаТ мощностью 400, 600 и 1000 Вт и светодиодных облучателей Hyperion 3000 мощностью 1110 и 1000 Вт.

Расчет произведен для отделений салата (плотность потока ФАР, 170 мкмоль/с/м²) и томата (плотность потока ФАР, 330 мкмоль/с/м²).

Цены на электроэнергию взяты из расчета собственной генерации электроэнергии.

Наилучшие показатели по плотности потока ФАР к растениям имеют облучатели «Рефлекс» на базе ламп ДНаТ-600 и ЖСП25М ламп ДНаТ-1000. Следует отметить, что облучатели выполнены на линейное напряжение питания 380 В, что дает предпочтения по капитальным и эксплуатационным затратам. При этом ЖСП25М выигрывают по годовому расходу электроэнергии. Широкая КСС облучателей обеспечивает оптимальную структуру поля оптического излучения в зоне растений.

Облучатели Hyperion 3000 выигрывают по эффективной отдаче в мкмоль/Дж и установленной мощности на м². Их установка в теплице позволяет обойтись меньшим числом световых точек. Но при этом косинусная КСС не обеспечит оптимальной структуры оптического поля для высокорослой культуры томатов.

Таблица 2. Сравнительная эффективность систем досвечивания
 Table 2. Comparative efficiency of additional lighting system

Тип светильника	Рефлекс	Рефлекс	ЖСП25М-1000	Hyperion 3000	Hyperion 3000
Источник света/спектр	ДНаТ-400	ДНаТ-600	ДНаТ-1000	LED High Red	LED High Red
Потребляемая мощность, Вт	440	640	1000	1110	1000
Напряжение питающей сети	220	380	380	220	220
Кривая КСС	Ш	Ш	Ш	Д	Д
Поток ФАР светильника, мкмоль/с	620	935	1850	3000	3000
Эффективность, мкмоль/Дж	1,4	1,5	1,85	2,7	3,0
Общая площадь, м ²	9360	9360	9360	9360	9360
Количество светильников	2760	3670	1790	988	988
Плотность потока ФАР, мкмоль/с/м ²	170	360	360	330	330
Общая потребляемая мощность, кВт	1175	2350	1790	1086	988
Потребляемая мощность на м ² , Вт/м ²	126	251	191	117	106
Количество часов досветки в год	2100	2100	2100	2100	2100
Расход эл. энергии в год, кВт×час	2487500	4935000	3759000	2280000	2074800
Стоимость эл. энергии, руб/кВт×час	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Стоимость эл. энергии в год, руб.	6218750	12337500	9297500	5700000	5187000
Стоимость эл. энергии на м ² в год, руб/м ²	665	1318	1004	608	555

Выводы:

1. Разработана методика исследования процессов энергосбережения в системах облучения растений, базирующаяся на методологии бизнес-инжиниринга электротехнологических систем.
2. Получены общие математические выражения для расчета необходимого количества энергии, направленной облучаемому биологическому объекту (растению).
3. Произведена сравнительная оценка эффективности систем досвечивания растений и предложены энергосберегающие электротехнологии светокультуры на базе натриевых и твердотельных источников оптического излучения.

Список источников литературы

1. Теланов Ю.Ф., Федоров И.Г. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. – М.: Юнити-Дана, 2015. – 207 с.
2. Гулин С.В., Пиркин А.Г. Особенности бизнес-инжиниринга при создании электротехнологических систем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – №1(54). – С.157-162.
3. Гулин С.В., Пиркин А.Г. Реинжиниринг бизнес-процессов при создании и эксплуатации электротехнологических систем в аграрном секторе экономики // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: юбилейный сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции. Том 2, (26-28 февраля 2020). – Ростов-на-Дону, 2020. – С.525-529.
4. Гулин С.В., Пиркин А.Г. Особенности формирования бизнес-процессов при создании и эксплуатации электротехнологических систем агропромышленного комплекса // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – №4(61). – С.139 – 147. DOI 10.24411/2078-1318-2020-14139
5. Загоровская В.В. Тепличная эволюция: инновации на рынке оборудования для закрытого грунта // Агротехника и технологии. – 2017. – №2. – С.17-19.
6. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. – Новосибирск: Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213с.
7. Рождественский В.И., Клешнин А.Ф. Управляемое культивирование растений в искусственной среде. – М.: Наука, 2000. – 199 с.
8. Шарупич В.П. Культивационные сооружения с многоярусной узкостеллажной гидропоникой // Palmarium Academic Publishing, 2014 – 664 с.
9. Карпов В.Н., Ракутько С.А. Энергосбережение в оптических технологиях. Прикладная теория и частные методики. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 100 с.
10. Алёхина Н.Д. и др.; под ред. И.П. Ермакова; рец.: В.В. Кузнецов, С.С. Медведев: Физиология растений. – М.: Академия, 2007. – 640 с.
11. Compennolle T., Witters N., Van Passel S., Thewys T. Analyzing a self-managed CHP system for greenhouse cultivation as a profitable way to reduce CO₂-emissions // Energy. 2011. Vol. 36. No. 4. Pp. 1940-1947. DOI: 10.1016/j.energy.2010.02.045
12. Tripp K.E., Peet M.M., Pharr D.M., Willits D.H., Nelson P. V. CO₂-enhanced yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO₂ environments // Plant Physiol. 1991. Vol. 96. No. 3. Pp. 713-719. DOI: 10.1104/pp.96.3.713

References

1. Telanov Yu.F., Fedorov I.G. (2015), *Inzhiniring predpriyatiya i upravleniye biznes-protsessami* [Enterprise engineering and business process management], Yuniti-Dana, Moscow, Russia.
2. Gulin S.V., Pirkin A.G. (2019), “Features of business engineering in the creation of electrotechnological systems”, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 54, no. 1, pp. 157-162, (In Russ.).
3. Gulin S.V., Pirkin A.G. (2020), “Reengineering of business processes in the creation and operation of electrical technology systems in the agricultural sector of the economy”, *Sostoyaniye i*

- perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: Yubileynyy sbornik nauchnykh trudov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii..* vol. 2, pp. 525-529, (In Russ.).
4. Gulin S.V., Pirkin A.G. (2020), "Features of the formation of business processes in the creation and operation of electrotechnological systems of the agro-industrial complex", *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 61, no. 4, pp. 139-147, (In Russ.). doi: 10.24411/2078-1318-2020-14139.
 5. Zagorovskaya V.V. (2017), "Greenhouse evolution: innovations in the market of equipment for greenhouses", *Agrotekhnika i tekhnologii*, no.2, pp. 17-19, (In Russ.).
 6. Tikhomirov A.A., Sharupich V.P., Lisovskiy G.M. (2000), *Svetokul'tura rasteniy: biofizicheskiye i biotekhnologicheskkiye osnovy* [Photoculture of plants: biophysical and biotechnological foundations], Sibirskoye otdeleniye RAN, Novosibirsk, Russia.
 7. Rozhdestvensky V.I., Kleshnin A.F. (2000), *Upravlyayemoye kul'tivirovaniye rasteniy v iskusstvennoy srede* [Controlled cultivation of plants in an artificial environment], Nauka, Moscow, Russia.
 8. Sharupich V.P. (2014), *Kul'tivatsionnyye sooruzheniya s mnogoyarusnoy uzkostellazhnoy gidroponikoy* [Cultivation facilities with multi-tiered narrow-shelving hydroponics], Palmarium Academic Publishing.
 9. Karpov V.N., Rakutko S.A. (2009), *Energoberezheniye v opticheskikh tekhnologiyakh. Prikladnaya teoriya i chastnyye metodiki* [Energy saving in optical technologies. Applied theory and particular methods], Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, St. Petersburg, Russia.
 10. Alekhina N.D. and etc. (2007), *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology], in Ermakov I.P. (ed.), Akademiya, Moscow, Russia.
 11. Compennolle T., Witters N., Van Passel S., Thewys T. (2011), "Analyzing a self-managed CHP system for greenhouse cultivation as a profitable way to reduce CO₂-emissions", *Energy*, vol. 36, no. 4, pp. 1940-1947. doi: 10.1016/j.energy.2010.02.045.
 12. Tripp K.E., Peet M.M., Pharr D.M., Willits D.H., Nelson P.V. (1991), "CO₂-enhanced yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO₂ environments", *Plant Physiol*, vol. 96, no. 3, pp. 713-719. doi: 10.1104/pp.96.3.713.

Сведения об авторах

Гулин Сергей Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры энергообеспечения производств и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7418-4418, Scopus author ID: 57221205780.

Пиркин Александр Григорьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергообеспечения производств и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6918-6735, Scopus author ID: 57221192886.

Information about the authors

Sergey V. Gulin – kandydat tekhnichnykh nauk, starshyy naukovyy spivrobotnyk, dotsent kafedry enerhoob'yednannyya vyrobnystv ta elektrotekhnolohiy, Federal'ne derzhavne byudzhette osvitnye upravlinnya vyshchoyi osvity «Sankt-Peterburhskyy hosudarstvennyy ahrarnyy unyversytet», spin-code: 7418-4418, Scopus avtor ID: 57221205780.

Alexander G. Pirkin – kandydat tekhnichnykh nauk, dotsent, dotsent kafedry enerhoob'yednannyya vyrobnystv ta elektrotekhnolohiy, Federal'ne derzhavne derzhavne byudzhette osvitnye upravlinnya vyshchoyi osvity «Sankt-Peterburhskyy hosudarstvennyy ahrarnyy unyversytet», spin- code: 6918-6735, Scopus avtor ID : 57221192886.

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 05.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 18.05.2021 г.; принята к публикации 30.05.2021 г.

The article was submitted 05.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted after publication 30.05.2021.

Научная статья

УДК 620.193.3

doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-145-155

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЖИДКОСТЬ УЛУЧШЕННОГО СОСТАВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РЖАВЧИНЫ

Анатолий Германович Смирнов¹, Владимир Степанович Павлов²,
Анжела Николаевна Спиридонова³

¹Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, Чувашская Республика, 428003, Россия; stts@lenta.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7072-4352>

²Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, Чувашская Республика, 428003, Россия; pvstolikovo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2205-3416>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; angspiridonova@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1827-6051>

Реферат. Коррозионные разрушения приводят к потере металлофонда до 12% от общего металлофонда Российской Федерации. В сельскохозяйственной отрасли безвозвратные потери от его коррозии составляют до 18 млн. т металла. Ущерб по причине коррозии возрастает от увеличения затрат на ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка. Сокращение этих непроизводительных затрат можно уменьшить разработкой моющих средств, имеющих низкую коррозионную активность, ингибиторов коррозии для защиты наружных поверхностей деталей машин. Эффективность использования применяемых материалов проверяется при проведении лабораторных и натурных исследований по ГОСТ Р 9.905-2007 и ГОСТ 9.909-86. Методика подготовки образцов для коррозионных исследований предусматривает очистку их поверхностей от окалина и первичных продуктов ржавчины, а после проведения экспериментов – полное удаление продуктов коррозии. Применяемые для этих целей материалы имеют ряд существенных недостатков, одним из которых является последующая коррозия поверхностей под влиянием остатков состава. В работе разрабатывается состав для очистки металлических поверхностей от ржавчины, обладающей высокой степенью очистки, а также имеющей противокоррозионные свойства. В основу состава входят водный раствор серной кислоты, сульфадимезин и катионный краситель золотисто-желтый 2К. Исследования влияния компонентов на защитные свойства включали проведение многофакторного эксперимента плана 2³. Результатом исследований явилось получение уравнения регрессии в виде: $y=76,4-0,625x_1+4,625x_2+1,6x_3+1,65x_1x_2-0,725x_1x_3-0,075x_2x_3+0,25x_2x_3$. Из уравнения регрессии видно, что первый компонент – серная кислота – способствует растворению металла. Компоненты сульфадимезина и краситель катионный являются ингибиторами коррозии и способствуют торможению растворения металла от действия серной кислоты. Причем сульфадимезин проявляет защитный эффект почти в три раза больше, чем краситель. Полученный состав для удаления ржавчины рекомендуется использовать в лабораторных и натурных исследованиях по коррозии металлов для очистки исследуемых образцов.

Ключевые слова: ингибитор, коррозия, серная кислота, сульфадимезин, катионный краситель

Цитирование. Смирнов А.Г., Павлов В.С., Спиридонова А.Н. Техническая жидкость улучшенного состава для удаления ржавчины // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 145-155. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-145-155

TECHNICAL FLUID WITH IMPROVED COMPOSITION TO REMOVE RUST

Anatoly G. Smirnov¹, Vladimir S. Pavlov²,
Angela N. Spiridonova³

¹Chuvash State Agrarian University, st. K. Marx, 29, Cheboksary, Chuvash Republic, 428003, Russia; sts@lenta.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7072-4352>

²Chuvash State Agrarian University, st. K. Marx, 29, Cheboksary, Chuvash Republic, 428003, Russia; pvstolikovo@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2205-3416>

³Saint Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; angspiridonova@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0000-1827-6051>

Abstract. Corrosion damage leads to the loss of the metal fund up to 12% of the total metal fund of the Russian Federation. In the agricultural sector, irrecoverable losses from corrosion are up to 18 million tons of metal. Damage due to corrosion is increasing due to the increasing costs of repair and maintenance of the machine and tractor fleet. Reducing this overhead can be mitigated by the development of low corrosive detergents, corrosion inhibitors to protect the outer surfaces of machine parts. The efficiency of using the materials used is checked during laboratory and field research in accordance with GOST R 9.905-2007 and GOST 9.909-86. The procedure for preparing samples for corrosion studies provides for cleaning their surfaces from scale and primary rust products, and after the experiments, complete removal of corrosion products. The materials used for these purposes have a number of significant drawbacks, one of which is the subsequent corrosion of the surfaces under the influence of the remains of the composition. The work is developing a composition for cleaning metal surfaces from rust, which has a high degree of cleaning, and also has anti-corrosion properties. The composition is based on an aqueous solution of sulfuric acid, sulfadimezin and a cationic dye golden yellow 2K. The study of the influence of the components on the protective properties included a multifactorial experiment of the 2³ plan. The result of the research was the obtaining of the regression equation in the form: $y = 76.4 - 0.625x_1 + 4.625x_2 + 1.6x_3 + 1.65x_1x_2 - 0.725x_1x_3 - 0.075x_2x_3 + 0.25x_2x_3$. The regression equation shows that the first component, sulfuric acid, promotes the dissolution of the metal. The components of sulfadimezin and a cationic dye are corrosion inhibitors and help to inhibit the dissolution of the metal from the action of sulfuric acid. Moreover, sulfadimezin exhibits a protective effect almost three times more than a dye. The obtained composition for rust removal is recommended to be used in laboratory and field studies on metal corrosion for cleaning the test samples.

Keywords: inhibitor, corrosion, sulfuric acid, sulfadimezin, cationic dye.

Citation. Smirnov, A.G., Pavlov, V. S. and Spiridonova, A.N. (2021), Technical fluid with improved composition to remove rust", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 63, no. 2, pp. 145-155. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-145-155

Введение. Коррозионные разрушения приводят к потере металлофонда до 12% от общего металлофонда Российской Федерации (1,6 млрд т). Металлофонд сельскохозяйственной отрасли составляет до 150 млн. т [1]. При этом 18 млн. т металла составляют безвозвратные потери от его коррозии. Одновременно возрастает ущерб по причине коррозии от возрастания затрат на ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка. Поэтому сокращение этих непроизводительных затрат является актуальной задачей каждой отрасли, каждого предприятия и производства.

В сельском хозяйстве много узких вопросов в области защиты металлов от коррозии. В частности, к ним можно отнести разработку моющих средств, имеющих низкую коррозионную активность, ингибиторов коррозии для защиты наружных поверхностей деталей машин [1, 2, 3, 4, 5].

Технологические процессы противокоррозионной защиты поверхностей деталей при постановке машин и оборудования на хранение в нерабочие периоды предусматривают нанесение на них временных защитных составов или восстановление лакокрасочных материалов [6]. Перед их применением требуется провести полную очистку поверхности изделия от коррозии с последующим обезжириванием. Эффективность использования применяемых материалов проверяется при проведении лабораторных и натуральных исследований с использованием образцов по ГОСТ Р 9.905-2007 и ГОСТ 9.909-86. Методика подготовки образцов для коррозионных исследований предусматривает очистку их поверхностей от окалины и первичных продуктов ржавчины, а после проведения экспериментов – полное удаление продуктов коррозии. Для этих целей применяют различные составы, преимущественно кислотные [7, 8, 9], которые имеют ряд существенных недостатков, одним из которых является последующая коррозия поверхностей под влиянием остатков состава для удаления ржавчины.

Разработке состава удаления для ржавчины на металлических поверхностях, предотвращающих процесс растворения чистого металла, предшествовали изучения свойств разных составов с использованием замедлителей коррозии (ингибиторов). Рассмотрен состав для обработки металлических поверхностей на основе водного раствора серной кислоты, где ингибитором служит тимочевина или травильная присадка ЧМ (ТУ МНП 521-54) [7, 8, 9]. Данный состав хорошо удаляет продукты коррозии. Но при этом происходит охрупчивание поверхности детали за счет внедрения водорода в металл из водного раствора (наводороживание). К недостаткам этого раствора можно отнести низкую скорость очистки, а также очищенная поверхность имеет темную окраску и неприятный запах. После обработки поверхности данным препаратом металлические поверхности проявляют склонность к дальнейшему окислению. Поэтому после удаления ржавчины обработанные поверхности тщательно промывают водой в течение 10-15 минут, затем в течение 10-20 минут обрабатывают пассивирующим раствором азотнокислого натрия (концентрация раствора: 80 г/л азотнокислого натрия), двуххромовокислого натрия или калия (80 г/л). При этом увеличивается продолжительность обработки. Самым большим недостатком данного раствора является наличие ядовитых соединений хрома. Следовательно, этот состав малоприменим для очистки поверхностей от продуктов коррозии в условиях сельскохозяйственного производства.

Для удаления продуктов коррозии также используются моющие растворы, обладающие способностью удалять ржавчину [1], содержащие глинистые минералы с высоким содержанием ОН-группы (например, силикат магния, алюмосиликат магния, асбест, биссолит, трисиликат магния и другие) и кислоту (например, соляную, серную, бензолсульфоновую, уксусную, щавелевую, и др.), а также отдушку, краситель, абразивные материалы, ингибитор коррозии, растворитель и другие добавки. Недостатками моющих составов является большая многокомпонентность, следовательно, дороговизна; низкая эксплуатационная надежность механизированных средств нанесения такой сложной композиции из-за наличия глинистых и абразивных материалов, способствующих повышенному износу и преждевременному выходу из строя деталей, а также большие потери обрабатываемого материала из-за химического и механического взаимодействия металлической поверхности с данным раствором.

Цель исследования. На основании вышеизложенного целью исследования является разработка состава для очистки металлических поверхностей от ржавчины, обладающего высокой степенью очистки, а также имеющего противокоррозионные свойства.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводились с использованием водного раствора серной кислоты с добавлением сульфадимезина (химическая формула $C_{12}H_{14}O_2N_4S$) и катионного красителя золотисто-желтого 2К (химическая формула $[C_{17}H_{23}N_3OCH_3]^+Cl^-$) [9]. Ингредиенты берутся в соотношении масс. % (табл. 1).

В данной таблице:

x_i – переменные значения концентрации ингредиентов;

y_i – выход, выраженный в степени защиты, %;

(+) – верхний уровень значений факторов;

(-) – нижний уровень значений факторов.

Варьирование переменных проводилось на двух уровнях.

Таблица 4. **Уровень варьирования переменных**
 Table 4. **Variation level of variables**

Уровни варьирования	Концентрации переменных масс, %		
	x_1	x_2	x_3
Основной уровень	20	0,375	0,04
Уровень выравнивания	5	0,125	0,01
Верхний уровень	25	0,500	0,05
Нижний уровень	15	0,250	0,03

В таблице 4 имеем:

x_1 – концентрация серной кислоты, %;

x_2 – концентрация сульфадимезина, %;

x_3 – концентрация красителя катионного, %.

Влияние того или иного компонента на выход оценивается по знаку и величине коэффициентов уравнения регрессии:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Статистический анализ полученного уравнения регрессии проводится по общепринятой методике [10].

Методика приготовления состава. Приготовление состава для удаления ржавчины проводится в следующей последовательности. В емкости вместимостью 1000 мл наливают 800 - 600 мл дистиллированной воды, затем вводят при перемешивании указанное в таблице 4 количество серной кислоты. При этом температура полученного раствора повышается, что благоприятно сказывается на процессе растворимого вводимого после этого сульфадимезина. После полного растворения этого вещества вводят незначительное количество катионного красителя, после растворения которого данная композиция приобретает золотисто-желтую окраску. Затем добавляют до расчетного количества дистиллированную воду.

Методика определения защитной способности состава. Для этого были приготовлены три варианта состава (табл. 5.)

Таблица 5. **Варианты составов, масс., %**
 Table 5. **Variants of compositions, wt., %**

Ингредиенты	Концентрации переменных масс. доли, %		
	1	2	3
Серная кислота	15,0	20,0	25,0
Сульфадимезин	0,25	0,375	0,50
Краситель катионный	0,03	0,04	0,05
Вода дистиллированная	Остальное		

Исследование процесса удаления ржавчины проводили на образцах из Ст.3 (пластины размером 30×1000×1). Защитную способность состава определяли по убыли массы образцов

до и после испытания на чистых пластинах, помещенных в раствор серной кислоты без ингибитора (контроль) и с ингибиторами, и выразили в процентах:

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times 100\%,$$

где K_1, K_2 – коррозионные потери образцов соответственно в контрольной и исследуемой среде, в г [11].

Результаты исследований. Определение влияния ингредиентов на выход. Результаты исследований приведены в таблице 6.

Среднее арифметическое по каждому варианту вычисляем по формуле:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i ;$$

а построчную дисперсию по формуле:

$$S_i^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y}_i)^2,$$

Таблица 6. Результаты экспериментов
 Table 6. Experimental results

№ вариантов, N	Результаты по вариантам			Расчет	
	y_1	y_2	y_3	\bar{y}_i	S_i^2
1	70,4	72,6	71,2	71,4	1,24
2	68,2	70,2	68,0	68,8	1,48
3	78,6	78,0	77,5	78,0	0,25
4	80,6	81,0	81,5	81,0	0,25
5	76,1	78,0	76,0	76,7	1,27
6	70,2	70,0	70,4	70,2	0,04
7	82,0	82,0	82,4	82,0	0,00
8	82,5	83,5	83,3	83,1	0,23
$\sum_{i=1}^N S_i^2 = 4,81$					

Воспроизводимость экспериментов определяется по формуле:

$$G_p = \frac{\max S_i^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2},$$

где G_p – расчетное значение критерия Кохрена.

При $N=8$ число степеней свободы $f=K-1=3-1=2$ и уровне надежности $\gamma=0,95$ табличное значение критерия Кохрена равно 0,51.

$$G_p = \frac{1,48}{4,81} = 0,307; G_p = 0,307 < G_{\text{табл.}} = 0,516.$$

Следовательно, эксперименты воспроизводимы. Коэффициенты регрессии искомого уравнения рассчитываем по формулам:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{y}_i ;$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i ;$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i x_{jm}.$$

Вычисляем коэффициенты регрессии:

$$b_0 = \frac{71,4 + 68,8 + 78,0 + 81,0 + 76,7 + 70,2 + 82,0 + 83,1}{8} = 76,4;$$

$$b_1 = \frac{-71,4 + 68,8 - 78,0 + 81,0 - 76,7 + 70,2 - 82,0 + 83,1}{8} = -0,625;$$

$$b_2 = \frac{-71,4 - 68,8 + 78,0 + 81,0 - 76,7 - 70,2 + 82,0 + 83,1}{8} = 4,625;$$

$$b_3 = \frac{-71,4 - 68,8 - 78,0 - 81,0 + 76,7 + 70,2 + 82,0 + 83,1}{8} = 1,6;$$

$$b_{12} = \frac{71,4 - 68,8 - 78,0 + 81,0 + 76,7 - 70,2 - 82,0 + 83,1}{8} = 1,65;$$

$$b_{13} = \frac{71,4 - 68,8 + 78,0 - 81,0 - 76,7 + 70,2 - 82,0 + 83,1}{8} = -0,725;$$

$$b_{23} = \frac{71,4 + 68,8 - 78,0 - 81,0 - 76,7 - 70,2 + 82,0 + 83,1}{8} = -0,075;$$

$$b_{123} = \frac{-71,4 + 68,8 + 78,0 - 81,0 + 76,7 - 70,2 - 82,0 + 83,1}{8} = 0,25.$$

Тогда искомое уравнение регрессии запишется в виде:

$$y = 76,4 - 0,625x_1 + 4,625x_2 + 1,6x_3 + 1,65x_1x_2 - 0,725x_1x_3 - 0,075x_2x_3 + 0,25x_2x_3.$$

Некоторые коэффициенты регрессии оказались пренебрежительно малыми. Такие коэффициенты показывают, что тот или иной фактор или их парное взаимодействие не оказывают существенного влияния на происходящий процесс или на конечный выход. Чтобы установить, значимы или нет такие коэффициенты, необходимо, прежде всего, вычислить оценку дисперсии.

Проводим статистическую обработку результатов экспериментов в следующей последовательности.

Дисперсия воспроизводимости – средняя арифметическая из дисперсий выходов всех вариантов эксперимента (усредненная дисперсия):

$$S^2[y] = \frac{\sum_{i=1}^N S^2(\bar{y}_i)}{N},$$

$$S^2[y] = \frac{1,24 + 1,48 + 0,25 + 0,25 + 1,27 + 0,04 + 0,00 + 0,28}{8} = 0,612.$$

Дисперсия среднего значения:

$$S^2[\bar{y}] = \frac{S^2[y]}{K},$$

$$S^2[\bar{y}] = \frac{0,612}{3} = 0,204.$$

Дисперсия коэффициентов регрессии:

$$S^2[b_i] = \frac{S^2[\bar{y}]}{N},$$

откуда находим ошибку определения коэффициентов регрессии:

$$S[b_i] = \sqrt{S^2[b_i]},$$

$$S^2[b_i] = \frac{0,204}{8} = 0,0255,$$

$$S[b_i] = \sqrt{0,0255} = 0,16.$$

Для оценки значимости коэффициентов регрессии составляется неравенство:

$$b_i > S[b_i] \cdot t_\gamma(f),$$

где $S[b_i]$ – ошибка определения коэффициентов регрессии;

$t_\gamma(f)$ – коэффициент Стьюдента. Он находится из специальных таблиц для задания достоверности γ и числа степеней свободы.

Число степеней свободы вычисляется по формуле:

$$f = N(K - 1)$$

или в нашем случае:

$$f = 8 \cdot (3 - 1) = 16.$$

При уровне достоверности $\gamma=0,95$ и числе степеней свободы $f=16$

$$t_{\gamma=0,95}(16) = 2,12.$$

Отсюда:

$$S[b_i] \cdot t_{\gamma=0,95}(16) = 0,16 \cdot 2,12 = 0,34.$$

Проверим значимость коэффициентов регрессии:

$$b_0 = 76,4 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_1 = 0,625 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_2 = 4,625 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_3 = 1,6 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_{12} = 1,65 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_{13} = 0,725 > t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_{23} = 0,075 < t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34;$$

$$b_{123} = 0,25 < t_{\gamma=0,95}(16) = 0,34.$$

Коэффициенты b_{23} и b_{123} незначимы. После их отбрасывания уравнение регрессии примет следующий вид:

$$y = 76,4 - 0,625x_1 + 4,625x_2 + 1,6x_3 + 1,65x_1x_2 - 0,725x_1x_3.$$

Для проверки адекватности уравнения регрессии найдем расчетные значения функции отклика:

$$\widehat{y}_1 = 76,4 - 0,625 - 4,625 - 1,6 + 1,65 + 0,725 = 71,72;$$

$$\widehat{y}_2 = 76,4 + 0,625 - 4,625 + 1,6 - 1,65 - 0,725 = 68,62;$$

$$\widehat{y}_3 = 76,4 - 0,625 + 4,625 - 1,6 - 1,65 + 0,725 = 77,67;$$

$$\widehat{y}_4 = 76,4 + 0,625 + 4,625 - 1,6 + 1,65 - 0,725 = 81,17;$$

$$\widehat{y}_5 = 76,4 - 0,625 - 4,625 + 1,6 + 1,65 - 0,725 = 76,37;$$

$$\widehat{y}_6 = 76,4 + 0,625 - 4,625 + 1,6 + 1,65 + 0,725 = 70,37;$$

$$\widehat{y}_7 = 76,4 - 0,625 + 4,625 + 1,6 - 1,65 - 0,725 = 82,32;$$

$$\widehat{y}_8 = 76,4 + 0,625 + 4,625 + 1,6 + 1,65 + 0,725 = 82,92.$$

Оценку дисперсии адекватности вычисляют по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N - B} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \widehat{y}_i)^2,$$

где B – количество коэффициентов регрессии искомого уравнения, включая и свободный член.

Расчет суммы квадратов отклонений действительных и рассчитанных приведены в таблице 7.

Таблица 7. Расчетная таблица
 Table 7. Calculation table

№ вариантов	Выходы		$\bar{y}_i - \widehat{y}_i$	$(\bar{y}_i - \widehat{y}_i)^2$
	\bar{y}_i	\widehat{y}_i		
1	71,4	71,72	-0,32	0,1024
2	68,8	63,62	0,18	0,0324
3	78,0	77,67	0,33	0,1039
4	81,0	81,17	0,17	0,0289
5	76,7	76,37	0,33	0,1089
6	70,3	70,37	-0,17	0,0289
7	82,0	82,32	-0,32	0,1024
8	83,1	82,92	-0,82	0,6724
Сумма				1,1852

В нашем случае имеем:

$$N=8, B=6, \sum(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2 = 1,1852,$$

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{8-6} \cdot 1,1852 = 0,5926.$$

Проверка адекватности осуществляется с помощью критерия Фишера по формуле:

$$F_{расч} = \frac{\max(S_{ад}^2; S^2[y])}{\min(S_{ад}^2; S^2[y])},$$

$$F_{расч} = \frac{0,612}{0,5926} = 1,033.$$

По таблицам [7] определяем значение критерия Фишера:

$$F_{табл}(f_1; f_2),$$

где $f_1; f_2$ – числа степеней свободы; f_1 – число степеней свободы для числителя; $f_1 = B - 1$; $f_2 = N(K - 1)$ – число степеней свободы, для которой определялась дисперсия воспроизводимости.

Для уровня надежности $\gamma=0,95$ при $f_1 = 6 - 1 = 5$ и $f_2 = 8(3 - 1) = 16$

$$F_{табл}(f_1 = 5; f_2 = 16) = 2,85;$$

$$F_{расч} = 1,033 < F_{табл} = 2,85.$$

Поэтому можно говорить об адекватности полученного уравнения.

Выводы. Из уравнения регрессии видно, что первый компонент – серная кислота – способствует растворению металла, так как при нем коэффициент имеет отрицательное значение. Компоненты сульфадимезина и краситель катионный являются ингибиторами коррозии и способствуют торможению растворения металла от действия серной кислоты. Причем сульфадимезин проявляет защитный эффект почти в три раза больше, чем краситель. Полученный состав для удаления ржавчины рекомендуется использовать в лабораторных и натуральных исследованиях для очистки исследуемых образцов.

Список источников литературы

1. Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники: монография. – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 304 с.
2. Павлов В.С., Смирнов А.Г., Рязанов А.В. Улучшение противокоррозионных свойств моющих жидкостей // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №3(6). – С.103-107.
3. Павлов В.С., Смирнов А.Г., Лаврентьев А.Ю. Дезинфицирующее средство со сниженными коррозионными свойствами // Состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки на современном этапе: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Чебоксары, 20 февраля 2020 г.). – Чебоксары, 2020. – С.531-538.
4. Павлов В.С., Смирнов А.Г., Лаврентьев А.Ю. Ингибированное дезинфицирующее средство // Состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки на современном этапе: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Чебоксары, 20 февраля 2020 г.). – Чебоксары, 2020. – С.538-544.
5. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами // Коррозия: материалы, защита. – 2010. – № 10. – С. 25-30.
6. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 512 с.
7. Федосова Н.Л., Румянцева В.Е., Румянцева К.Е., Балмасов А.В., Чекунова М.Д. Антикоррозионная защита металлов. – Иваново, 2009. – 187 с.
8. Сиднеев Ю.Г. Гальванические покрытия. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 256 с.
9. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Глобус, 2012. – 352 с.

10. Картошкин А.П. Технологические жидкости для автотракторной техники: Справочник. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 240 с.
11. Вигдорович В.И., Стрельникова К.О. Критерии оценки защитной эффективности ингибиторов коррозии // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2011. – №1. Т13. – С.24-28.

References

1. Gaidar, S. (2011), *Teoriya i praktika sozdaniya ingibitorov korrozii dlya konservacii sel'skohozyajstvennoj tekhniki: monografiya* [Theory and practice of creating corrosion inhibitors for the conservation of agricultural machinery: monograph], FGNU "Rosinformagrotech", Moscow, Russia.
2. Pavlov, V., Smirnov, A. and Ryazanov, A. (2011), *Uluchshenie protivokorroziionnyh svojstv moyushchih zhidkostej* [Improving the anti-corrosion properties of cleaning liquids], Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.
3. Pavlov, V., Smirnov, A. and Lavrent'ev, A. (2020), *Dezinficiruyushchee sredstvo so snizhennymi korrozionnymi svojstvami* [Disinfectant with reduced corrosion properties], materials of the All-Russian. scientific-practical conf. with int. participation, Cheboksary, Russia.
4. Pavlov, V., Smirnov, A. and Lavrent'ev, A. (2020), *Ingibirovannoe dezinficiruyushchee sredstvo* [Inhibited disinfectant], materials of the All-Russian. scientific-practical conf. with int. participation, Cheboksary, Russia.
5. Knyazeva, JI., Vigdorovich, V. and Prokhorenkov, V. (2010), "Corrosion inhibition with used engine oils", vol. 10, pp. 25 – 30.
6. Puchin, E. and Gajdar, S. (2011), *Hranenie i protivokorroziionnaya zashchita sel'skohozyajstvennoj tekhniki* [Storage and anticorrosive protection of agricultural machinery], FGNU "Rosinformagrotech", Moscow, Russia.
7. Fedosova, N., Rumyanцева, V., Rumyanцева, K., Balmasov, A. and ChEkunova M. (2009), *Antikorrozionnaya zashchita metallov* [Anticorrosive protection of metals], Ivanovo, Russia.
8. Sidneev, YU. (2010), *Gal'vanicheskie pokrytiya* [Electroplating coatings], Feniks, Rostov-on-Don, Russia.
9. Vinogradov, S. (2012), *Ekologicheskii bezopasnoe gal'vanicheskoe proizvodstvo* [Environmentally safe electroplating production], Globus, Moscow, Russia.
10. Kartoshkin, A. *Tekhnologicheskie zhidkosti dlya avtotraktornoj tekhniki: Spravochnik* [Process fluids for automotive equipment: Reference] Izdatel'skij centr "Akademiya", Moscow, Russia.
11. Vigdorovich, V. and Strelnikova, K. (2011), "Criteria for evaluating the protective effectiveness of corrosion inhibitors", *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granicy*, vol. 13, no. 1, pp. 24 – 28.

Сведения об авторах

Смирнов Анатолий Германович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет», spm-код: 3581-5761.

Павлов Владимир Степанович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет», spm-код: 2857-2849.

Спиридонова Анжела Николаевна – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 0000-3234.

Information about the authors

Anatoly G. Smirnov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Federal State

Budgetary Educational Institution of Higher Education "Chuvash State Agrarian University", spin-code: 3581-5761.

Vladimir S. Pavlov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Chuvash State Agrarian University", spin-code: 2857-2849.

Angela N. Spiridonova – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 0000-3234.

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 20.04.2021 г.; одобрена после рецензирования 18.05.2021 г.; принята к публикации 30.05.2021 г.

The article was submitted 20.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted after publication 30.05.2021.

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 «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 06.01.00 Агрономия (сельскохозяйственные науки; биологические науки);
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния (сельскохозяйственные науки; биологические науки);
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем (технические науки; сельскохозяйственные науки).

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**;

- **аннотацию (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);
- пристатейный библиографический список (шрифт 12 строчный); Список источников литературы (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 ГОСТом Р 7.0.5-2008. 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 и принятые к публикации статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования по программе «Антиплагиат».

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Редакционно-издательские услуги для сторонних авторов – 550 руб. (1 стр.), стоимость журнала – 900 руб.

В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров. Материалы для публикаций принимаются в течение первого месяца квартала. **Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>**

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Ежеквартальный научный
журнал № 2 (63)

Подписано к печати 24.06.2021 г.
Формат 60×84 1/8. П.л. 19,75. Тираж 1000. Заказ 162.
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов
в Издательско-полиграфическом комплексе
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2