

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 1 (66)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2022**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (66)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2022

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№ 1 (66)

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  
№ 1 (66)

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  
№ 1 (66)

Главный редактор  
**Морозов Виталий Юрьевич**  
Доктор ветеринарных наук, ректор

Заместители главного редактора:  
**Колесников Роман Олегович**  
Кандидат ветеринарных наук, проректор  
по научной и инновационной 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);

**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 орденом 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);

**Кулинцев 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, зав. кафедрой «Молочное и мясное скотоводство» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (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, временно исполняющий обязанности декана электроэнергетического факультета 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

№ 1 (66)

Editor-in-Chief

**Morozov Vitaliy Yurievich**

Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputies Editor-in-Chief

**Kolesnikov Roman Olegovich**

Candidate of Veterinary Sciences, of the Property  
for Scientific and Innovative Work

**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);

**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 "Dairy and beef cattle breeding" of the FSBEI HE RSAU – MTAA named after K.A. Timiryazev (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 named after K.A. Timiryazev (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, Acting Dean of the Faculty of Electric Power Engineering, 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

### АГРОНОМИЯ

<b>Донских Н.А., Уманец М.С.</b> Эффективность выращивания разных сортов клевера лугового на семенные цели в условиях Ленинградской области.....	9
<b>Найда Н.М., Дюндиков Е.Э.</b> Сравнительное анатомическое исследование вегетативных органов двух сортов роз .....	17
<b>Осипова Г.С., Самбурова Ю.М.</b> Морфологические особенности гибридов пеларгонии зональной .....	29
<b>Савенок Н.А.</b> Выращивание земляники садовой Фриго ( <i>Frigo</i> ) в условиях Ленинградской области .....	36
<b>Попова Д.А.</b> Адаптационные свойства сортов и гибридов перца сладкого в пленочных теплицах Северо-Запада РФ.....	45
<b>Атрощенко Г.П., Скрипниченко М.М., Асир Н.</b> Оценка слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта .....	57
<b>Фатуллаев П.У., Спиридонов А.М.</b> Наследование селекционных признаков ячменя при гибридизации в условиях Нахичеванской Автономной Республики .....	65
<b>Анисимов А.И., Доброхотов С.А., Рогозева У.Б.</b> Испытание микробиологических и растительных средств для защиты капусты от основных вредителей в органическом земледелии .....	79
<b>Гамзаева Р.С.</b> Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на показатели биологической активности дерново-подзолистой почвы на фоне применения микробиологического деструктора .....	87

### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Рустенов А.Р., Елеугалиева Н.Ж.</b> Влияние йодида калия на рост, развитие и мясные качества уток кросса «Медео».....	97
--	----

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Беззубцева М.М., Волков В.С.</b> Теоретические и экспериментальные исследования методов интенсификации процессов разрушающих нагрузок в электромеханических диспергаторах.....	104
<b>Епифанов А.П., Криль Д.Б.</b> Линейный асинхронный электропривод монорельсовой транспортной системы кормораздачи в животноводческих фермах .....	113
<b>Мишанов А.П., Ракутько Е.Н., Ракутько С.А.</b> Цифровой светодиодный светильник с регулируемым спектром .....	125
<b>Гончаров А.В., Левшин А.Г., Гаспарян И.Н.</b> Физико-механические свойства сортов и сортообразцов семян тыквы как основа совершенствования механизации возделывания.....	134



## CONTENT

### AGRONOMY

<b>Donskikh N.A., Umanets M.S.</b> Efficiency of meadow clover varieties cultivation for seed purposes in the Leningrad region.....	9
<b>Naida N.M., Dyundikov E.E.</b> Comparative anatomical study of vegetative organs of two varieties of roses .....	17
<b>Osipova G.S., Samburova Y.M.</b> Morphological features of hybrids of Pelargonium zonale .....	29
<b>Savenok N.A.</b> Growing strawberry garden Frigo in the conditions of the Leningrad region .....	36
<b>Popova D.A.</b> Adaptive features of sweet pepper varieties and hybrids in film greenhouses of the north-western region of the Russian Federation .....	45
<b>Atroshchenko G.P., Skripnichenko M.M., Asir N.</b> Assessment of low-growing clonal rootstocks of apple trees among the layering mother plants under the conditions of protected ground .....	57
<b>Fatullaev P.U., Spiridonov, A.M.</b> Inheritance of barley breeding traits during hybridization under the conditions of the Nakhichevan Autonomous Republic .....	65
<b>Anisimov A.I., Dobrokhotov S.A., Rogozeva U.B.</b> Trial of microbiological and herbal agents for main cabbage pests control in organic farming .....	79
<b>Gamzaeva R.S.</b> Dynamics of the activity of the hydrolase-oxidoreductase enzyme complex of the soil depending on inoculation with biological products .....	87

### VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE

<b>Rustenov A.R. Ueleuqalieva N.Zn.</b> Influence of potassium iodide on growth, development and meat qualities of ducks of the cross “Medeo” .....	97
---	----

### PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS

<b>Bezzubtseva M.M., Volkov V.S.</b> Theoretical and experimental studies of methods of intensification of destructive load processes in electromechanical dispersants .....	104
<b>Epifanov A.P., Kril D.B.</b> Linear asynchronous electric drive of the monorail transport system for feeding in livestock farms .....	113
<b>Mishanov A.P., Rakutko E.N., Rakutko S.A.</b> Digital LED lighting fixture with adjustable light quality .....	125
<b>Goncharov A.V., Levshin A.G., Gasparyan I.N.</b> Physical and mechanical properties of varieties and cultivar samples of pumpkin seeds as a basis for improving cultivation mechanization .....	134

# АГРОНОМИЯ

## AGRONOMY

Научная статья

УДК 633

doi: 10.24412/2078-1318-2022- 1-9-16

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ РАЗНЫХ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА СЕМЕННЫЕ ЦЕЛИ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Нина Александровна Донских<sup>1</sup>, Марина Сергеевна Уманец<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; nina-donskikh@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-7017-3359>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; mar.umanets@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-5702-3858>

<sup>2</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, мкр. Академгородок, д. 18а, Апатиты, Мурманская область, 184209, Россия

**Реферат.** В статье рассмотрена эффективность выращивания разных сортов клевера лугового на семена в условиях Ленинградской области. На основании трехлетних исследований (2019-2021 гг.) дана сравнительная оценка двух сортов отечественной селекции Волосовский 86 и Добряк и двух сортов зарубежной селекции Лестрис и Леммон. Изучены некоторые агроприемы: инокуляция семян новым штаммом Ультрастим и разная система минеральных удобрений. Определение сохранности растений после перезимовки в оба года исследований позволило выявить явное преимущество отечественных сортов Волосовский 86 и Добряк, особенно при инокуляции. Показано, что высота растений семенных посевов зависела как от особенностей сорта, так и от погодных условий в годы пользования семенным травостоем. Из-за обильных июльских дождей у всех изучаемых сортов, особенно у сорта Волосовский 86, отмечено полегание растений в первый год пользования, а из-за засушливого периода во второй год пользования выявлено существенное снижение высоты растений. Наблюдение за фенологическим развитием растений изучаемых сортов в годы пользования убедительно доказывают, что сорта зарубежной селекции, хотя по всем параметрам и не уступают отечественным, но из-за крайне растянутого срока созревания не соответствуют семенному назначению. Выявлено, что наибольшая продуктивность из всех изученных сортов характерна для Волосовского 86, сформировавшего урожай до 707 кг/га. Изучаемые сорта клевера лугового отличаются малым долголетием в условиях Ленинградской области, не способны обеспечивать хозяйственный урожай на 2-й год пользования.

**Ключевые слова:** клевер луговой, сорта, семенные посевы, агроприемы, урожайность, Ленинградская область

**Цитирование.** Донских Н.А., Уманец М.С. Эффективность выращивания разных сортов клевера лугового на семенные цели в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 9-16. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-9-16

**EFFICIENCY OF MEADOW CLOVER VARIETIES CULTIVATION FOR SEED PURPOSES IN THE LENINGRAD REGION****Nina A. Donskikh<sup>1</sup>, Marina S. Umanets<sup>1, 2</sup>,**<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; nina-donskikh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7017-3359><sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; mar.umanets@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5702-3858><sup>2</sup>Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of N.A. Avrorin KSC RAS, md. Akademgorodok, 18a, Apatity, Murmansk region, 184209, Russia

**Abstract.** The article examines the efficiency of meadow clover varieties cultivation for seeds in the Leningrad region. There has been given a comparative assessment of varieties of domestic breeding Volosovsky 86 and Dobryak and varieties of foreign breeding Lestris and Lemmon based on a three-year study (2019-2021). Some agricultural practices have been studied: inoculation of seeds with a new strain of Ultrastim and a different mineral fertilizer system. Determination of the plant survival after overwintering in both years revealed a clear advantage of domestic varieties (Volosovsky 86 and Dobryak), especially during inoculation. The height of seed crop plants, as it was shown, depended both on the characteristics of the variety and on weather conditions for the years of seed grass stand use. In all the studied varieties, especially in the variety Volosovsky 86, due to heavy July rains, lodging of plants was noted in the first year of use, and due to the dry period in the second year of use, a significant decrease in plant height was revealed. The phenological development of the studied varieties in two years of use convincingly proved that the varieties of foreign selection are not inferior to domestic ones in all aspects, but due to the extremely extended ripening period they do not correspond to the seed assignment. It was revealed that the highest productivity of the studied varieties was typical for Volosovsky 86, which formed a yield of up to 707 kg/ha. The studied varieties of red clover were characterized by low longevity in the Leningrad region, they were not able to provide an economical harvest for the second year of use.

**Keywords:** *Trifolium pratense* L., varieties, seed crops, agricultural practices, yield, Leningrad region

**Citation.** Donskikh N.A., and Umanets M.S. (2022), “Efficiency of meadow clover varieties cultivation for seed purposes in the Leningrad region“, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 9-16 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-9-16

**Введение.** Важным направлением кормопроизводства Ленинградской области является получение высокопитательных, сбалансированных кормов за счет расширения площадей бобовых и бобово-злаковых травостоев. Известно, что в Нечерноземной зоне РФ среди многолетних бобовых трав ведущая роль принадлежит клеверу луговому [1, 2].

Клевер луговой имеет важное значение в полевом севообороте, восстанавливая и повышая плодородие почвы, улучшая ее агрофизические и биологические свойства. Этот вид – прекрасный предшественник для всех культур, поэтому при его выращивании одновременно решаются проблемы производства энергонасыщенных объемистых кормов [3, 4]. Клевер луговой является типичным мезофитом, хорошо развивается на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных суглинистых почвах, хорошо отзывается на применение минеральных и органических удобрений, на инокуляцию штаммами клубеньковых бактерий [5].

По данным комитета АПК Ленинградской области, потребность в семенах клевера лугового в настоящее время удовлетворяется лишь только на 16%, остальное количество семян хозяйства вынуждены приобретать в других регионах или даже за рубежом [6]. Использование зарубежных сортов и сортов южных регионов не всегда дает хороший урожай вследствие их слабой адаптации к неблагоприятным погодным условиям [7, 8].

На семенные цели важно использовать сорта, адаптированные к местным условиям и погодным колебаниям в пределах климатических норм региона. В последние годы в Россию импортируются семена клевера лугового из разных стран мира. Некоторые сорта иностранной селекции достаточно хорошо разрекламированы, несмотря на отсутствие рекомендаций Государственного реестра для возделывания на территории Российской Федерации [7, 9].

Необходимо также учитывать, что биологической особенностью клевера лугового, возделываемого на семена, является его быстрое выпадение из травостоя – на второй-третий год пользования, что в разы снижает его урожайность и долговечность [9].

**Цель исследования** – оценить продуктивность сортов клевера лугового при возделывании на семенные цели в первый и второй год пользования при разных агроприемах.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Изучены рекомендуемые для Северо-Западного региона сорта клевера лугового отечественной селекции: Волосовский 86 (ЛНИИСХ Белогорка, 1991), Добряк (ФГБНУ «Уральский НИИСХ», включен в Госреестр с 2016 года) и зарубежные сорта французской селекции – Лестрис и голландской селекции – Леммон (внесены в Госреестр с 2017 г.)

Изучение перечисленных сортов проводили на фоне инокуляции новым штаммом Ультрастим и применения разной системы удобрений.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. контроль;
2. P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>;
3. инокуляция штаммом Ризоторфин (Ультрастим);
4. штамм +P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>;
5. штамм + N<sub>30</sub> P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Посев семян изучаемых сортов клевера лугового проведен в 2019 году беспокровно, рядовым способом, с нормой высева 4,11 млн. шт./га. Площадь опытной делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность – 4-кратная [10].

Почва опытного участка – дерново-карбонатная среднесуглинистая с содержанием гумуса 4,2%, подвижного фосфора – 176,0 мг/кг, обменного калия – 184,0 мг/кг, рН – 5,6.

**Результаты исследований.** Годы пользования семенными посевами (2020-2021 гг.) были контрастными по метеорологическим условиям. Так, если вегетационный период 2020 г. характеризовался оптимальным температурным режимом и достаточным количеством осадков, то в 2021 году, начиная с третьей декады июня и в течение всего июля, наблюдались аномально высокие температуры воздуха (до 30<sup>0</sup>С) при явном недостатке осадков в период формирования генеративных органов, что отрицательно сказалось на семенной продуктивности всех изучаемых сортов (рис. 1).

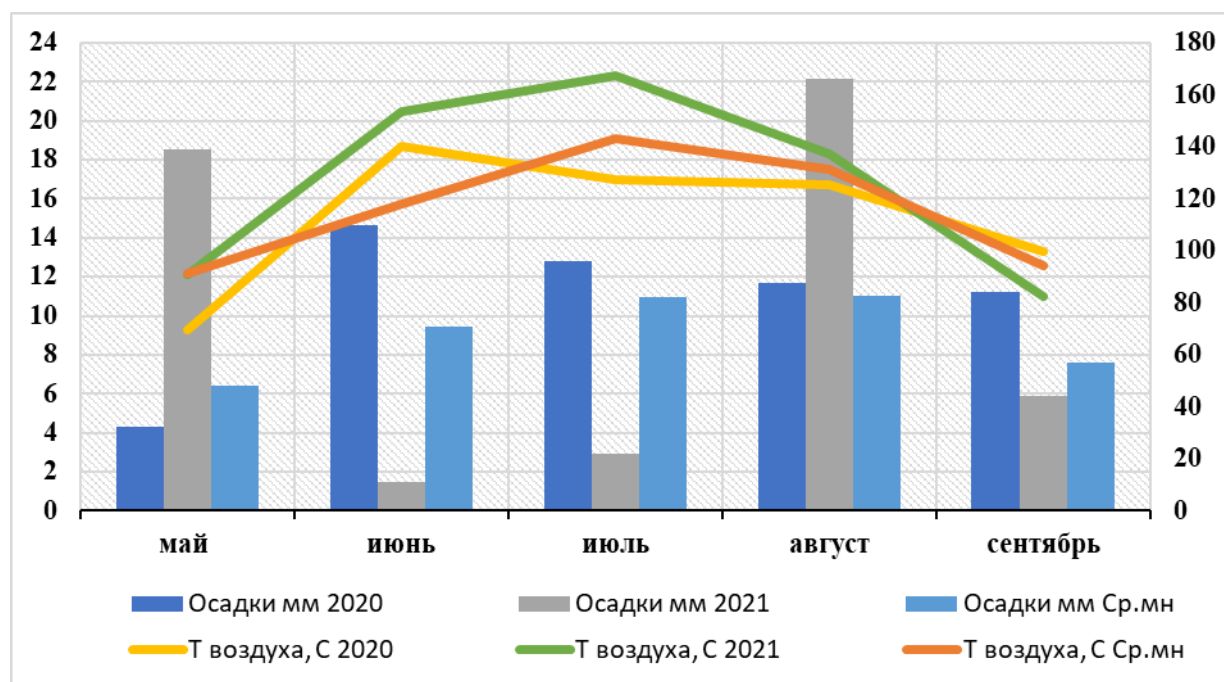


Рисунок 1. Погодные условия в годы проведения исследований, 2020-2021 гг.

Figure 1. Meteorological data 2020-2021

Учитывая биологическую особенность клевера лугового, а именно поверхностное расположение корневой шейки, важную роль для сохранности растений этого вида играют условия перезимовки: температурный режим, снежный покров, возраст растений, обеспеченность питательными веществами. Зимний период 2019/2020 года был очень теплым, с частыми перепадами температур, оттепелями, бесснежным покровом. Подсчет растений клевера лугового после перезимовки в 1-й год пользования показал, что из всех изученных сортов по сохранности выделился местный сорт Волосовский 86, у которого этот показатель на контроле составил 37%, у второго отечественного сорта Добряк сохранность была на 11% ниже и составляла 26%. Оба зарубежных сорта характеризовались еще более низким процентом сохранности, всего 10-12%. Из агротехнических приемов наибольшее влияние на сохранность растений оказала инокуляция: у сорта Волосовский этот показатель повысился на 8%, у сорта Добряк – на 15%, а у сорта Леммон – на 26%.

Условия перезимовки 2020/2021 года были более благоприятными: своевременно сформирован снежный покров, не наблюдалось резких перепадов температур воздуха, а потому сохранность всех сортов отмечена намного выше, чем в предыдущем году, но закономерность сохранилась: у отечественных сортов этот показатель составил 80-100%, а у зарубежных – 52-91% (табл.1).

Таблица 1. Сохранность растений клевера лугового, % (2020-2021 гг.)

Table 1. Preservation of red clover plants, % (2020-2021)

Варианты	Сорта	Волосовский 86		Добряк		Лестрис		Леммон	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1. контроль		37	97	26	100	10	70	12	70
2. P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		20	89	28	80	8	59	36	59
3. штамм		45	94	41	81	5	55	38	79
4. шт+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		19	97	44	88	5	52	25	88
5. шт+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		22	100	56	80	15	63	19	91

Семенные посевы должны быть устойчивыми к полеганию. При неблагоприятных погодных условиях, особенно при избыточных осадках в период цветения, у полегших растений клевера лугового нарушается световой и воздушный режим, уменьшается количество соцветий, затрудняется опыление, снижается урожайность [11]. Устойчивость к полеганию семенных посевов напрямую зависит от высоты растений. Измерение высоты растений семенных посевов в первый год пользования (2020) показало, что самым высокорослым среди изучаемых сортов является сорт Волосовский 86, у которого высота растений на контроле составила 99,7 см. У других изучаемых сортов высота растений была ниже на 3,7-12,4 см. Применение фосфорно-калийных удобрений способствовало дальнейшему повышению линейного роста растений только у сорта Волосовский 86, у которого высота растений увеличилась на 8,3 см, и у сорта Лестрис – на 2,5 см, а потому из-за июльских обильных ливней, хотя и наблюдалось полегание растений всех изучаемых сортов, но особенно это характерно было для сорта Волосовский 86.

На второй год пользования в 2021 году наблюдается существенное снижение высоты растений у всех изучаемых сортов, что можно объяснить длительным засушливым периодом. Другим важным показателем для семенников клевера лугового является выровненность посева по высоте, что способствует равномерному созреванию головок и обеспечивает единовременную уборку. Из всех сортов наиболее выровненными были отечественный сорт Волосовский 86 – 76,9-86,3 см и зарубежный сорт Леммон – 76-81 см, у которых диапазон растений по высоте составлял от 9,4 до 5 см (рис. 2).

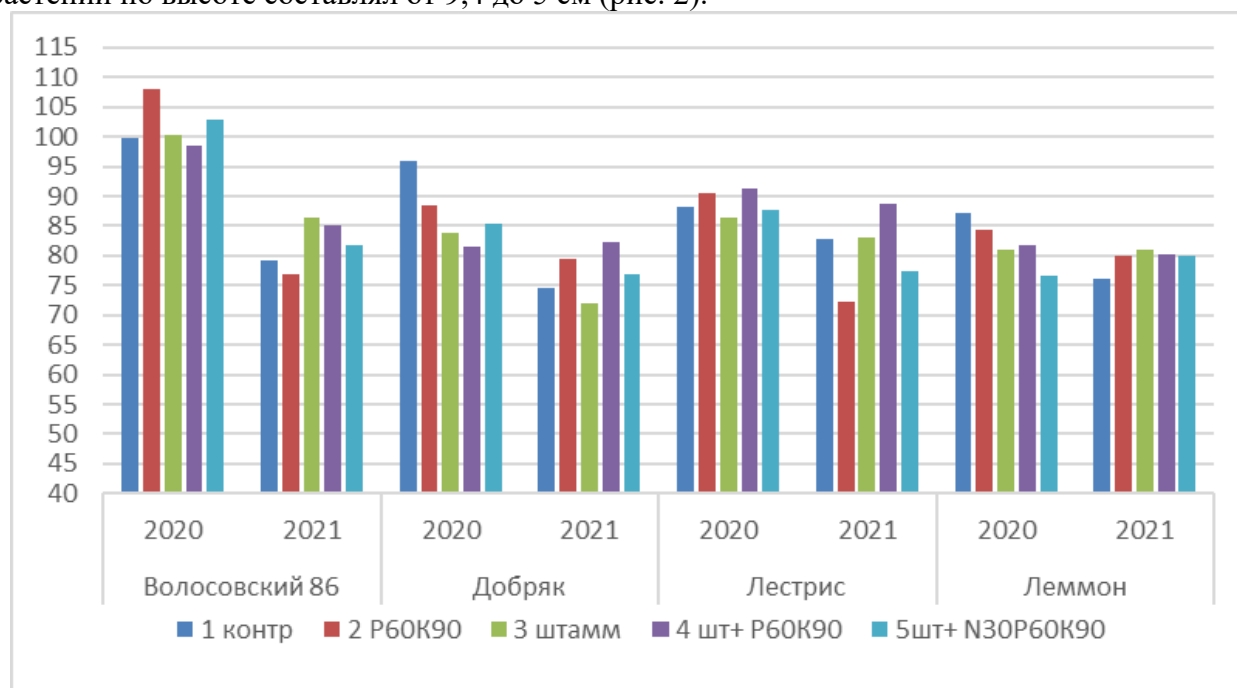


Рисунок 2. Высота растений сортов клевера лугового, см (2020-2021 гг.)  
Figure 2. Plant height of meadow clover varieties, cm (2020-2021)

Густота стеблестоя является важным показателем для семенных посевов многолетних трав. По обобщенным данным семенной травостой бобовых считается оптимальным при густоте стояния растений не больше 50-80 шт./м<sup>2</sup> и количестве стеблей не более 250-300. В 1-й год пользования у всех изучаемых сортов этот показатель был в пределах нормы и составлял: у сорта Волосовский 86 – от 182 до 209 шт./м<sup>2</sup>, у сорта Добряк – от 174-222 шт./м<sup>2</sup>, у сорта Лестрис – от 216-316 шт./м<sup>2</sup> и у сорта Леммон – от 165-178 шт./м<sup>2</sup>.

Во 2-й год пользования количество стеблей у всех изучаемых сортов существенно снизилось, что объясняется биологической особенностью клевера лугового, его малым долголетием. Так, на контроле у сорта Волосовский 86 количество стеблей снизилось в 1,5

раза, у сорта Добряк – в 1,3 раза, у сорта Лестрис – в 2 раза, у сорта Леммон – в 1,2 раза (табл. 2).

Таблица 2. Количество стеблей в посевах изучаемых сортов, шт./м<sup>2</sup> (2020-2021 гг.)  
Table 2. The number of stems in the crops of the studied varieties, pcs/m<sup>2</sup> (2020-2021)

Варианты \ Сорта	Волосовский 86		Добряк		Лестрис		Леммон	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1. Контроль	182	121	211	156	316	151	179	140
2. P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	208	123	188	151	174	147	178	110
3. Штамм	182	147	222	120	223	174	165	116
4. ШТ+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	209	68	174	165	234	130	174	144
5. ШТ+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	206	117	191	139	216	127	175	115

Фенологическое развитие растений имеет особое значение в семеноводстве. Наблюдения за прохождением фенофаз растений клевера лугового показали, что зарубежные и отечественные сорта значительно отличаются между собой. В 2020 г. при благоприятных погодных условиях у сортов Леммон и Лестрис наблюдалось более раннее по срокам наступление генеративных фаз (бутонизация и цветение) и в то же время позднее и неравномерное созревание семян. Созревание семян у отечественных сортов, несмотря на отставание их в развитии, прошло вместе и в один срок, что очень важно при уборке на семена. В 2021 г. при аномально жарком лете прохождения фаз развития у всех сортов проходило с небольшими различиями, зато срок созревания семян был одновременным как у отечественных сортов, так и зарубежных (третья декада августа).

Результаты по урожайности семян изучаемых сортов клевера лугового первого года пользования показали преимущество отечественного сорта Волосовский 86 в варианте с инокуляцией и внесением фосфорно-калийных удобрений – 643 и 707 кг/га и зарубежного сорта Лестрис – 754 кг/га при инокуляции. Другие изучаемые два сорта обеспечили урожайность ниже первых перечисленных сортов.

Во второй год пользования из-за сложившихся аномальных погодных условий и с учетом биологической особенности клевера лугового ни один из изучаемых сортов не обеспечил нормальный уровень хозяйственного урожая семян. Установлено, что урожайность всех сортов составила менее 10% от уровня первого года пользования (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность семян сортов клевера лугового, кг/га (2020-2021 гг.)  
Table 3. Seed yield of meadow clover varieties, kg / ha (2020-2021)

Варианты \ Сорта	Волосовский 86			Добряк			Лестрис			Леммон		
	2020 г.	2021 г.	% от 2020	2020 г.	2021 г.	% от 2020	2020 г.	2021 г.	% от 2020	2020 г.	2021 г.	% от 2020
1. контроль	559,0	46,6	8,3	452,0	38,8	8,6	733,0	33,2	4,5	529,0	41,9	7,9
2. P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	310,0	30,1	9,7	298,0	39,9	13,4	407,0	23,3	5,7	507,0	30,0	5,9
3. штамм	643,0	50,4	7,8	456,0	27,7	6,1	754,0	37,2	4,9	659,0	67,0	10,2
4. ШТ+ P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	707,0	18,5	2,6	519,0	23,9	4,6	461,0	13,3	2,9	565,0	27,2	4,8
5. ШТ+ N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	610,0	24,2	4,0	536,0	21,4	4,0	574,0	22,1	3,9	663,0	35,0	5,3
2020 год	НСР <sub>0,5</sub> = 80,52											
2021 год	НСР <sub>0,5</sub> = 5,59											

**Выводы.** В результате проведения научно-исследовательской работы по изучению эффективности возделывания разных сортов клевера лугового на семенные цели установлено:

1. Наиболее продуктивным является отечественный сорт Волосовский 86, который несмотря на позднеспелость и замедленное развитие, обеспечил урожайность до 707 кг/га. Сорт зарубежной селекции Лестрис, хотя и характеризуется более ранним развитием, большей продуктивностью до 754 кг/га, но из-за крайне растянутого срока цветения и созревания не соответствует семенному назначению в условиях Ленинградской области.

2. Применение инокуляции семян штаммом Ультрастим оказалось более эффективным приемом, что способствовало лучшей сохранности растений всех изучаемых сортов после перезимовки в оба года пользования.

3. Все изучаемые сорта клевера лугового, характеризуясь малым долголетием, обеспечивают полноценную хозяйственную урожайность семян только в первый год пользования, что и сдерживает развитие семеноводства этого вида в регионе.

### Список источников литературы

1. Спиридонов А.М., Мазин А.М. Урожайность и качество травостоев сортов клевера лугового на Северо-Западе России // Аграрная Россия. – 2021. – №10. – С. 8 – 11.
2. Петренко В.И. Агротехника семеноводства многолетних бобовых трав. – Горки: БГСХА, 2016. – 60 с.
3. Донских Н.А., Михайлова А.Г., Пивень М.Г. Сравнительная оценка сортов клевера лугового при возделывании на кормовые и семенные цели// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – №3 (60). – С. 9-16. (doi: 10.24411/2078-1318-2020-13009)
4. Zabarna T. Characteristics of linear growth of meadow clover varieties // The scientific heritage. – 2021. – № 61, pp. 5-9.
5. Пояркова Н.М., Сапарклычева С.Е. Морфологические особенности растений лугового пастбищного фитоценоза и почвенные условия // Аграрное образование и наука. – 2019. – № 4. – С. – 29-33.
6. [Электронный ресурс]: Вести с полей. – Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области (lenobl.ru) (дата обращения: 11.01.2022).
7. Донских Н.А., Уманец М.С. Сравнительная оценка семенной продуктивности сортов клевера лугового в условиях Ленинградской области// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (64). – С. 15-23 (doi: 10.24412/2078- 1318-2021-3-15-23)
8. [Электронный ресурс]: Новые горизонты АПК Ленинградской области // Журнал «Сельскохозяйственные Вести» (agri-news.ru) (дата обращения: 24.12.2021).
9. Мазин А.М. Оценка сортов клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) иностранной селекции в коллекционном питомнике Псковского НИИСХ// Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2 (35). – С. 22-30.
10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1987. – 197 с.
11. Shuxuan Jing, Birte Boelt. Seed production of red clover (*Trifolium pratense* L.) under Danish Field Conditions//Agriculture. – 2021. – № 11 (12). – pp. 1-14. (doi.org/10.3390/agriculture11121289).

### References

1. Spiridonov, A.M. and Mazin, A.M. (2021), Urozhajnost' i kachestvo travostoev sortov klevera lugovogo na Severo-Zapade Rossii [Productivity and quality of grass stands of red clover varieties in the North-West of Russia], Agrarnaya Rossiya, no. 10, pp. 8–11. (In Russ.).
2. Petrenko, V.I. (2016), Agrotekhnika semenovodstva mnogoletnih bobovyh trav [Agrotechnics of seed production of perennial leguminous grasses], Gorki: BGSKHA, Russia.
3. Donskikh, N.A., Mikhailova, A.G. and Piven, M.G. (2020), Sravnitel'naya ocenka sortov klevera lugovogo pri vzdelyvanii na kormovye i semennye celi [Comparative evaluation of different varieties of meadow clover when cultivation for fodder and seed purposes], no. 60, pp. 9-16. doi: 10.24411/2078-1318-2020-13009, In Russ.



4. Zabarna, T. (2021), "Characteristics of linear growth of meadow clover varieties", The scientific heritage, no. 61, pp. 5-9.
5. Poyarkova, N.M. and Saparklycheva, S.E. (2019), "Morfologicheskie osobennosti rastenij lugovogo pastbishchnogo fitozenoza i pochvennye usloviya" [Morphological features of plants of meadow pasture phytocenosis and soil conditions], Agrarnoe obrazovanie i nauka, no 4. pp. 29-33. In Russ.
6. [Electronic resource]. –URL: <https://agroprom.lenobl.ru/>
7. Umanets, M.S. and Donskikh, N.A. (2021), Sravnitel'naya ocenka semennoj produktivnosti sortov klevera lugovogo v usloviyah Leningradskoj oblasti [Comparative evaluation of seed productivity of red clover varieties in the conditions of the Leningrad region], *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 3(64), pp. 15-23, doi: 10.24412/2078-1318-2021-3-15-23, In Russ.
8. [Electronic resource]. – available at: URL:<https://agri-news.ru/zhurnal/2021/12021/apk-leningradskoj-oblasti/novyye-gorizontyi-apk-leningradskoj-oblasti.html>, (Accessed 10.03.2022).
9. Mazin, A.M. (2021), Ocenka sortov klevera lugovogo */Trifolium pratense L./* inostrannoj selekcii v kollekcionnom pitomnike Pskovskogo NIISKH [Evaluation of varieties of red clover */Trifolium pratense L./* of foreign selection in the collection nursery of the Pskov Research Institute of Agriculture], *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii.*, no. 2(35), pp. 22-30. In Russ.
10. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami (1987), [Methodological guidelines for conducting field experiments with feed crops], M.: VNIИ kormov im. V.R. Vil'yamsa, Moscow, Russia. In Russ.
11. Shuxuan Jing, (2021), Birte Boelt. Seed production of red clover (*Trifolium pratense L.*) under Danish Field Conditions, *Agriculture*, no. 11(12), pp. 1-14, doi.org/10.3390/agriculture11121289.

#### Сведения об авторах

**Донских Нина Александровна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 9974-7772, AuthorID: 313803.

**Уманец Марина Сергеевна** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; младший научный сотрудник, Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина, spin-код: 1064-2792.

#### Information about the authors

**Nina A. Donskikh** - Doctor of Agricultural Sciences, professor, Head of the Department of Farming and Grassland Research, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 9974-7772, AuthorID: 313803

**Marina S. Umanets** - postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University"; Junior Researcher, Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin, spin-code: 1064-2792

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

*Статья поступила в редакцию 27.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 09.03.2022 г.; принята к публикации 15.03.2022 г.*

*The article was submitted 27.01.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted after publication 15.03.2022.*

Научная статья  
УДК 58:633.8  
doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-17-28

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ДВУХ СОРТОВ РОЗ

Надежда Михайловна Найда,<sup>1</sup> Евгений Эдуардович Дюндиков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; nayda.nad@yandex.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-3909-4353>

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «АГРОАЛЬЯНС СЕВЕР», п. Пушное, ул. Тепличная, 1, Выборгский р-н, Ленинградская область, 188851, Россия; d\_evgen@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2458-0188>

**Реферат.** Роза – цветочно-декоративная культура, пользующаяся огромной популярностью, как в нашей стране, так и за рубежом. Розы очень широко применяют в декоративном садоводстве для озеленения городов. Многочисленные сорта роз выращивают в промышленном цветоводстве для выгонки и срезки в открытом и защищенном грунте, поэтому розы имеют большое коммерческое и хозяйственное значение.

Известно, что на растения оказывают влияние условия среды, в которых они произрастают. Приспособление растения к конкретным экологическим факторам существования достигается за счет морфологических адаптаций и анатомических изменений. Цель исследования – провести сравнительный анатомический анализ структуры стебля и корня 2 сортов роз, выращенных на гидропонной системе и в торфогрунте.

Объектами исследования служили 2 сорта чайно-гибридных роз: Аваланж и Ред Наоми. Сорта роз размножали вегетативно, длина черенков – 3-5 см. Часть черенков исследуемых сортов роз выращивали на гидропонной системе, другая часть выращивалась на торфогрунте. Было установлено, что исходный тип строения стебля роз – переходный. Сорта роз Аваланж и Ред Наоми, выращенные на гидропонной системе, характеризуются незавершенным типом переходного строения стебля и наличием крупных сосудов в ксилеме проводящих пучков. У растений, выращенных на торфогрунте, переход завершен, и стебли имеют типичную непучковую структуру. Придаточные корни сортов Аваланж и Ред Наоми имеют вторичную структуру, 4-лучевую ксилему и более крупные сосуды на гидропонике.

У вида роза собачья (*Rosa canina* L) отмечается незавершенное переходное строение стебля. Видны хорошо выраженные проводящие пучки разного размера. Корневище розы собачьей (*Rosa canina* L) снаружи покрыто пробкой, хорошо просматривается эндодерма и сосуды, лежащие по кругу.

**Ключевые слова:** роза, сорт, корень, стебель, корневище, древесина, сосуды

**Цитирование.** Найда Н.М., Дюндиков Е.Э. Сравнительное анатомическое исследование вегетативных органов двух сортов роз // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 17-28. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-17-28

COMPARATIVE ANATOMICAL STUDY OF VEGETATIVE ORGANS OF TWO  
VARIETIES OF ROSESNadezhda M. Naida<sup>1</sup>, Evgeniy E. Dyundikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; nayda.nad@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3909-4353>

<sup>2</sup>Limited liability company "AGROALLIANCE NORTH", Pushnoye, Teplichnaya, 1, Vyborgsky district, Leningrad region, 188851, Russia; d\_evgen@mail.ru

**Abstract.** Rose is a flowering and ornamental garden plant that meets great popularity both in our country and abroad. Roses are widely used in ornamental gardening for landscaping cities. Numerous varieties of roses are grown in floral industry for flower forcing and cutting off in open and protected ground, so roses are of great commercial and economic importance.

It is known that plants are influenced by the environmental conditions in which they grow. The adaptation of the plant to specific ecological factors of existence is achieved through morphological adaptations and anatomical changes.

The purpose of the study is to make a comparative anatomical analysis of the structure of the stem and root of two rose varieties grown on hydroponics and in peat soil.

The objects of the study were two varieties of hybrid tea roses: Avalange and Red Naomi. Rose varieties were propagated vegetatively, the length of cuttings was 3-5 cm. Some of the cuttings of the studied varieties of roses were grown on hydroponics, the other part was grown on peat soil.

It was found that the initial type of rose stem structure is transitional. Varieties of roses Avalange and Red Naomi, grown on hydroponics, are characterized by an incomplete type of transitional stem structure stem and the presence of large vessels in the xylem of conductive bundles. In plants grown on peat soil, the transition is complete, and the stems have a typical non-fascicular structure. Adventitious roots of Avalange and Red Naomi varieties have a secondary structure, a 4-ray xylem and larger vessels when grown on hydroponics.

The *Rosa canina* has an incomplete transitional stem structure. Well-defined conductive bundles of different sizes are visible. The rhizome of the *Rosa canina* is covered with a cork on the outside, the endoderm and vessels lying in a circle are clearly visible.

**Keywords:** rose, variety, root, stem, rhizome, wood, vessels

**Citation.** Naida, N.M. and Dyundikov E.E. (2022), "Comparative anatomical study of vegetative organs of two varieties of roses", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp 17-28 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-17-28

**Введение.** Роза – цветочно-декоративная культура, пользующаяся огромной популярностью, как в нашей стране, так и за рубежом. Розы очень широко применяют в декоративном садоводстве для озеленения городов, видовые розы и их формы используют в качестве подвоев. Многочисленные сорта роз выращивают в промышленном цветоводстве для выгонки и срезки в открытом и защищенном грунте, поэтому розы имеют большое коммерческое и хозяйственное значение. Сортные розы разных садовых групп используются в селекции при выведении новых сортов. Современные сорта роз получены в процессе длительной селекции путем многократных повторных скрещиваний и отбора. Они очень сложны по происхождению, и установить их видовую принадлежность не представляется возможным.

Изучение роз началось до нашей эры естествоиспытателем, философом и ботаником Теофрастом (370-285 гг. до н.э.), который в своих трудах дал ботаническую характеристику дикорастущих и садовых роз, описал их агротехнику и размножение. Древние римляне

первыми стали выращивать розы в защищенном грунте, чтобы удовлетворить потребности патрициев в этих цветах [1]. Всестороннее исследование роз началось с XVIII в. и продолжается по настоящее время. Как показал анализ литературных источников, результаты изучения рода *Rosa L.* широко представлены в отечественной и зарубежной литературе. Изучались и изучаются биологические особенности роз, ритмы их роста и развития в разных почвенно-климатических условиях и в защищенном грунте, влияние минерального питания, света и температуры на продуктивность (Васильева О.Ю., 1999), [2-13]. Исследуется продуктивность, проводится оценка сортов по множеству признаков, ведется активная селекционная работа (Былов В.Н., 1978) [14].

Технологии выращивания сортовых роз на гидропонной системе, используемые в странах Европы, позволяют получать продукцию круглогодично. При такой технологии применяют обычно привитой материал (на подвой, не требующие биологического периода покоя), размножаемый вегетативно путем черенкования.

В настоящее время в мире существует более 40 тысяч сортов роз, относящихся по своему происхождению, биологическим и декоративным особенностям к 39 садовым группам роз [12, 13].

Род роза *Rosa L.* из семейства розовые *Rosaceae* насчитывает, по разным источникам, от 138 до 400 видов, которые делят на 4 подрода: *Hulthemia* (Dumort) Focke; *Rosa* Focke; *Platyrhodon* (Hurst) Rehd; *Hesperodos* Cockerell. Подрод *Rosa* является самым крупным и содержит 10 секций, их представители явились исходным материалом для создания современных садовых групп роз. Основными центрами происхождения роз считается Средняя и Юго-Восточная Азия (Китай, Индия), Передняя Азия (Закавказье, Иран), откуда они и попали в Европу (Юзепчук С.В., 1941; Хржановский В.Г., 1958).

Виды роз в естественных условиях – это кустарники и кустарнички, с прямостоячими, плетистыми и лиановидными побегами, высотой от 15-17 см до 2,0 м, покрытые шипами и шипиками. Листорасположение очередное, листья сложные, непарноперистые из 5-13 листочков, с прилистниками. Цветки правильные обоеполые, околоцветник двойной 5-членный или венчик густомахровый, тычинок и плодолистиков много. Цветки одиночные или собраны в щитковидные соцветия. Плоды – сборные орешки заключены в вогнутый гипантий, называются цинародиями. Семена трудно прорастают, имеют глубокий комбинированный покой из-за склерифицированного перикарпия и наличия ингибиторов в гипантии (Никитин А.А., Панкова И.А., 1982).

Дикорастущие виды роз также используются человеком. Эфирно-масличные розы (*R. damascene* Mill., *R. gallica* L., *R. centifolia* L., *R. casanlica* Top., nom inval.) служат источником ценного розового масла. Плоды розы майской *R. majalis* Herrm. имеют богатый химический состав и применяются в медицине в виде настоя, экстракта, сиропов, а также входят в состав поливитаминных сборов. Многоорешки, находящиеся в гипантии, являются ценным сырьем для получения жирного масла – масла шиповника. Кроме того, в медицине используются плоды розы иглистой *R. acicularis* Lindl., розы даурской *R. davurica* Pall., розы собачьей *Rosa canina* L. и др. У видов роз из секции *Canina*, особенно розы собачьей, в плодах содержится меньше витамина С, но зато они богаты органическими кислотами и служат для производства желчегонных препаратов. Роза собачья применяется в гомеопатии. Ее часто используют как подвой для сортовых роз, у нее существуют селекционные формы подвоев. Роза собачья – это сборный вид, очень изменчивый, представлен несколькими мелкими видами и разновидностями, растет в естественных условиях и культивируется (Юзепчук С.В., 1941; Хржановский В.Г., 1958).

Актуальность работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для уточнения сроков черенкования выгонных сортов роз и для оптимальной технологии размножения корнесобственных роз, а также могут быть полезны в их селекции.

**Цель исследования** – провести сравнительный анатомический анализ структуры стебля и корня 2 сортов роз, выращенных в условиях гидропоники и на торфогрунте, а также сравнить со структурой стебля дикорастущего вида роза собачья (*Rosa canina* L).

**Материалы, методы и объекты исследований.** Экспериментальную работу проводили в тепличном комплексе «АГРОАЛЬЯНС СЕВЕР», расположенном в Выборгском районе Ленинградской области в период с начала марта до середины мая 2020 г., в зимних блочных стеклянных теплицах.

Объектами исследования служили 2 сорта чайно-гибридных роз: Аваланж и Ред Наоми и дикорастущий вид – роза собачья (*Rosa canina* L).

В тепличном комплексе сорта роз выращивают методом малообъемной гидропоники, используя в качестве субстрата минеральную вату фирмы «Гродан». В теплицах создаются необходимые условия: регулируется микроклимат, капельное орошение, искусственное освещение и зашторивание.

Сорта роз размножали вегетативно, путем черенкования побегов с толщиной стебля не менее 0,7 см в фазу бутонизации, длина черенков – 3-5 см. Часть черенков двух сортов роз выращивали на гидропонной системе, другая часть выращивалась на торфогрунте.

Черенки выращивали в кубиках из минеральной ваты «Гродан», которые выкладывали в ящики. Предварительно черенки выдерживали в течение 6 ч в препарате Превикур от корневой гнили. В качестве стимулятора роста корней использовали Фризотек – 4%. В течение 3-х недель влажность воздуха поддерживали не менее 95%, а когда почки в пазухах листа черенков раскрывались и формировали ростки боковых побегов, влажность воздуха в теплице уменьшали до 75%.

Часть черенков тех же сортов роз высаживалась в горшки с торфогрунтом, в состав которого входил торф низкой степени разложения до 15%; известковая мука; доломитовая мука. Кроме того, применяли специальный комплекс удобрений с микроэлементами. Черенки обоих вариантов были помещены в одинаковые условия (освещение, тепло, полив).



Рисунок 1. Черенки роз сортов Аваланж и Ред Наоми, посаженные в кубики  
Figure 1. Cuttings of roses of varieties Avalange and Red Naomi, planted in cubes



Рисунок 2. Черенки роз сортов Аваланж и Ред Наоми, посаженные в торфогрунт  
Figure 2. Cuttings of roses of Avalange and Red Naomi varieties planted in a peat grunt

Когда росток достигал 20 см, растение пересаживали на постоянное место. Это происходило через 1,5 месяца после начала опыта. По скорости роста бокового побега наблюдаемые сорта роз практически не имели различий, разница в наступлении фаз развития составляла 1-3 дня и не была достоверной.

При проведении анатомических исследований с целью диагностики структуры стебля и корня, выросших в разных средах, срез побегов и корней делали в средней части. Анатомические срезы делали от руки, для окраски использовали водный раствор сафранина. Готовили временные и постоянные препараты в глицерин-желатине. Срезы анализировали под микроскопом Ломо-микмед-2.

**Результаты исследований.** Вегетативные органы растения составляют его тело и выполняют основные функции его жизнедеятельности. Стебель – осевая часть побега, выполняет опорную и проводящую функции, имеет радиальную симметрию и может служить для вегетативного размножения. Органические вещества, синтезируемые в листьях, передвигаются по флоэме проводящих пучков к новым побегам, цветкам и плодам, а по ксилеме поднимается вода с растворенными минеральными веществами. Как показали исследования [14,15], по анатомической структуре стебля можно судить об успешности укоренения черенков роз. Была установлена зависимость между укореняемостью черенков и шириной ксилемы стебля. Так, у черенков роз сорта *Sandra* и *Mercedes*, взятых в фазу цветения, с укоренением 50-70%, ширина ксилемы составляла 16-20% (от радиуса стебля), при большей степени одревеснения корнеобразование не происходит.

Сравнительное изучение структуры стебля и корня сортов Аваланж и Ред Наоми с целью выявления анатомических изменений связи с условиями произрастания показали следующее. Стебель сорта Аваланж зеленый, гладкий, без опушения. Снаружи покрыт эпидермисом и толстым слоем кутикулы, клетки эпидермиса крупные прямоугольные (рис.3 А). Под эпидермой залегают несколько слоев клеток пластинчатой колленхимы и ассимиляционной паренхимы. Во вторичной коре над участками флоэмы лежат тяжи склеренхимы перициклического происхождения. В стеблях, выращенных на гидропонике, они

достаточно широкие и длинные. Вторичная флоэма включает ситовидные трубки с клетками-спутницами и паренхиму. На срезах хорошо просматриваются проводящие пучки, т.е. стебель еще достаточно пластичный и переход к непучковому типу строения не завершился. В ксилеме преобладают крупные сосуды, расположенные по одному или по два, трахеиды и клетки паренхимы. Сердцевина стебля состоит из крупных клеток с большими межклетниками, по-видимому, для запасаания воздуха.

В стеблях роз, выращенных на торфогрунте, участки перициклической склеренхимы более короткие, линзовидные (рис. 3 Б). Полностью завершен переход от пучкового типа к типичному непучковому типу стебля. В стебле преобладает древесина, в которой рассеяны мелкие и средние сосуды, выражены сердцевинные лучи, которые служат для транспорта воды и органических веществ в радиальном направлении. Клетки сердцевины мельче, чем в стебле на гидропонике.

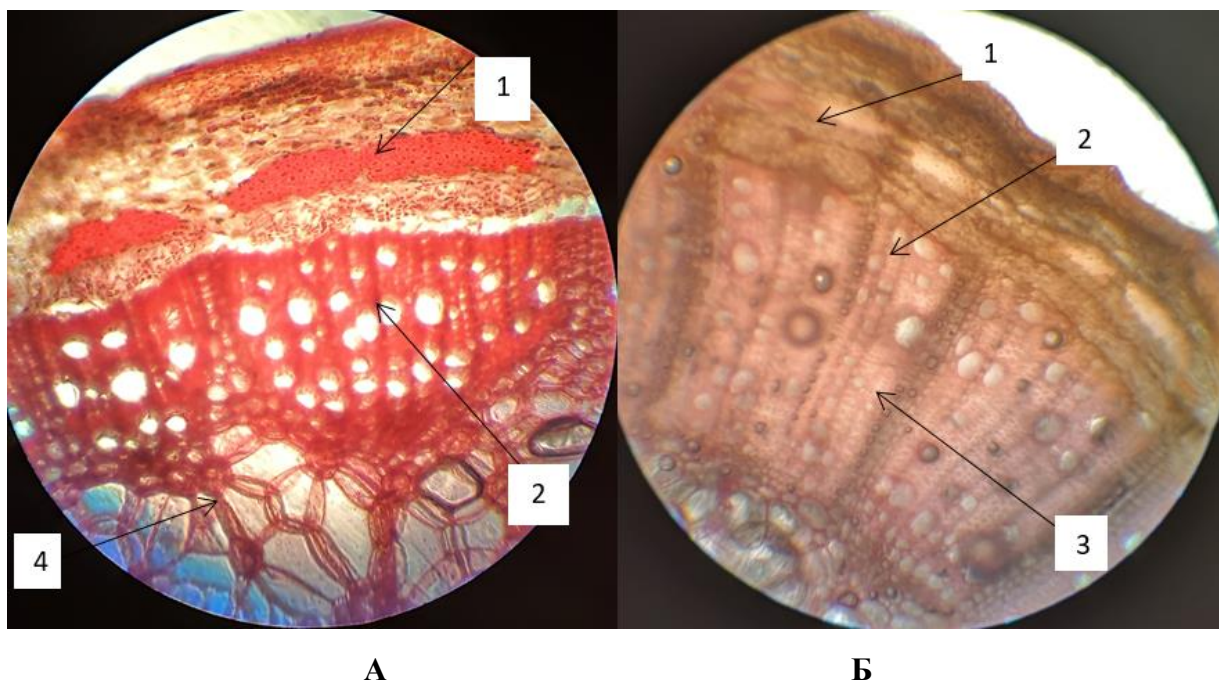


Рисунок 3. Анатомическое строение стебля розы сорта Аваланж, выращенной на гидропонике – А; Б – на торфогрунте: 1 – склеренхима перицикла; 2 – сосуды ксилемы проводящих пучков; 3 – сердцевинные лучи древесины стебля при непучковом типе строения; 4 – клетки сердцевины с крупными межклетниками

Figure 3. Anatomical structure of the stem of a rose of the Avalange variety grown on hydroponics – А; В – on peat soil: 1 – sclerenchyma of the pericycle; 2 – xylem vessels of conducting bundles; 3 – core beams of the stem wood with a non-tufted type of structure; 4 – core cells with large intercellular cells

В стеблях сорта Ред Наоми отмечаются те же закономерности. У растений, выращенных на торфогрунте, переход к непучковому строению стебля завершен. Развита древесина, сосуды мелкие, выражены сердцевинные лучи, а перициклическая склеренхима залегает почти непрерывным кольцом (рис.4 А, Б).

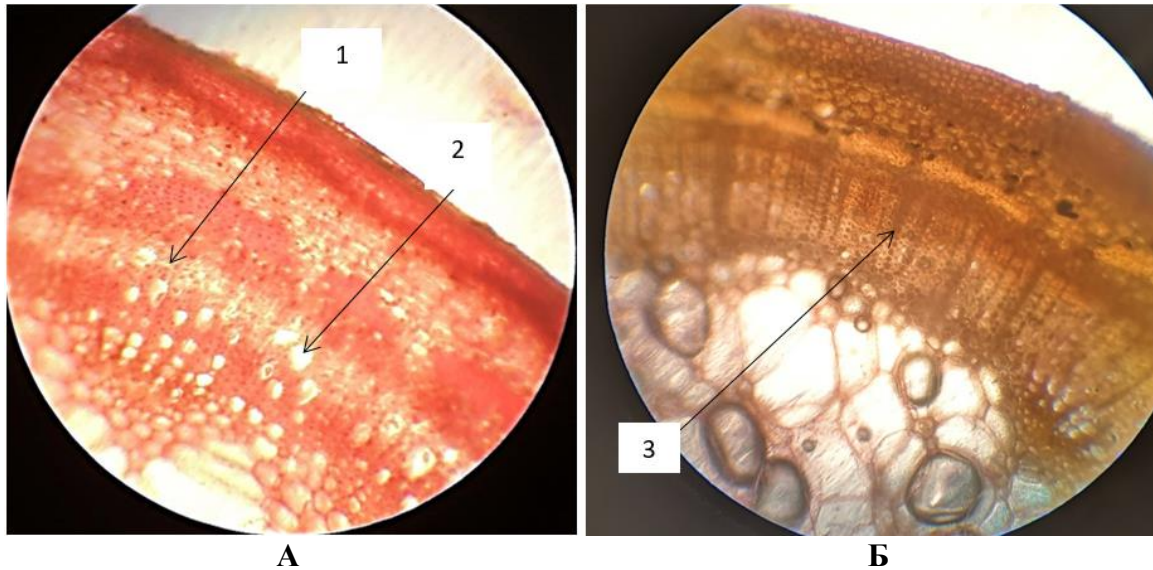


Рисунок 4. Анатомическое строение стебля розы сорта Ред Наоми, выращенной на гидропонике – А; Б – на торфогрунте: 1 – флоэма проводящего пучка; 2 – сосуды ксилемы проводящего пучка; 3 – сердцевинные лучи древесины стебля непучкового типа строения  
Figure 4. Anatomical structure of the stem of a rose of the Red Naomi variety grown on hydroponics – А; В – on peat soil: 1 – phloem of the conducting beam; 2 – vessels of the xylem of the conducting beam; 3 – core rays of the wood of the stem of the non-tufted type of structure

Корни, формирующиеся у роз при вегетативном размножении, по происхождению придаточные. У сорта Аваланж, выращенного на гидропонике, пробка, покрывающая корень, лежит в 3-4 слоя, вторичная кора узкая, ксилемная часть 4-лучевая, сосуды разной величины, но преобладают крупные (рис. 5 А).

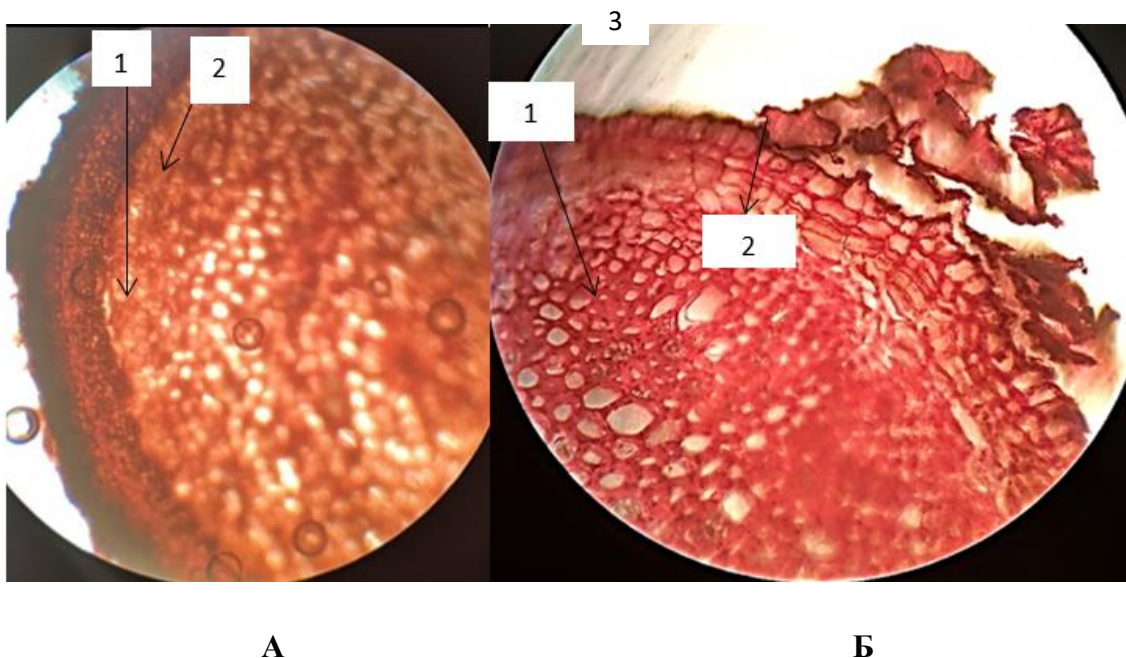
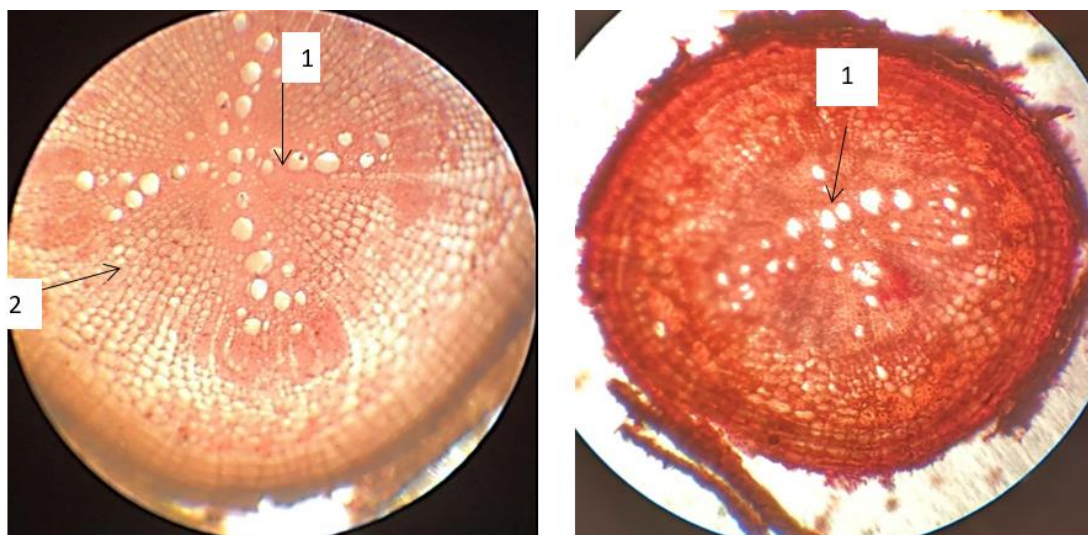


Рисунок 5. Анатомическое строение корня розы сорта Аваланж, выращенной на гидропонике – А; Б – на торфогрунте: 1 – сосуды ксилемы; 2 – пробка  
Figure 5. Anatomical structure of the root of a rose of the Avalange variety grown on hydroponics – А; В – on peat soil: 1 – xylem vessels; 2 – cork



У сорта Аваланж, выращенного на торфогрунте, больше слоев пробки, более широкая вторичная кора, сосуды мелкие и рассеянные по ксилеме (рис.5 Б).

Четко просматривается структура корня у сорта Ред Наоми, выращенного на гидропонике: покровная ткань и вторичная кора, четыре радиальных луча и крестообразно расположенные сосуды ксилемы (рис.6 А). Корни растений сорта Ред Наоми, выращенные на торфогрунте, имеют менее четкую структуру: 4-лучевая ксилема, более мелкие сосуды и слабо выраженные радиальные лучи (рис. 6 Б).



А

Б

Рисунок 6. Анатомическое строение корня розы сорта Ред Наоми, выращенной на гидропонике – А; Б – на торфогрунте: 1 – сосуды ксилемы; 2 – радиальный луч  
Figure 6. Anatomical structure of the root of a Red Naomi rose grown on hydroponics – А; Б – on peat soil: 1 – xylem vessels; 2 – radial beam

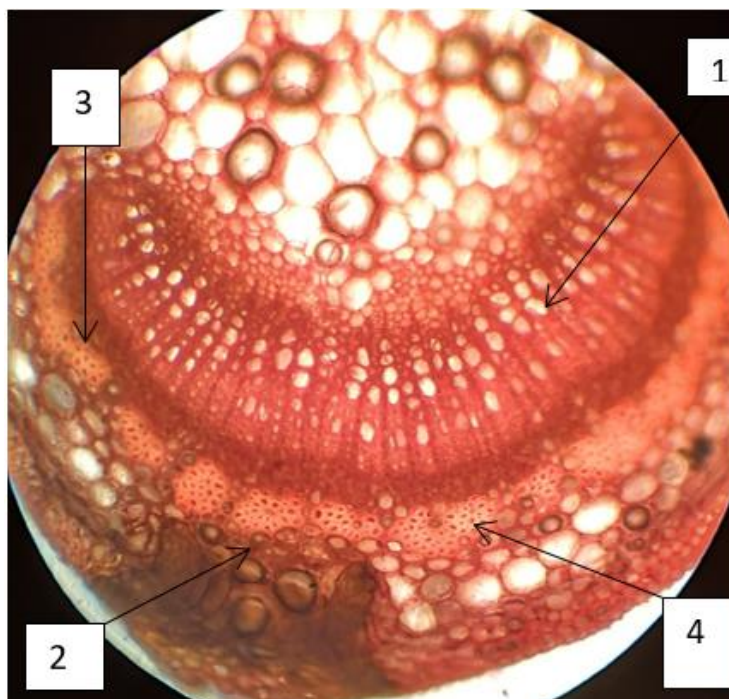


Рисунок 7. Рахис сложного листа розы сорта Ред Наоми: 1 – ксилема; 2 – формирующийся шип; 3 – флоэма; 4 – склеренхима  
Figure 7. Rachis of a complex rose leaf of the Red Naomi variety: 1 – xylem; 2 – forming thorn; 3 – phloem; 4 – sclerenchyma

Лист у изученных сортов сложный, из 5 простых листочков, рахис жесткий прочный. При рассмотрении препарата отмечается мощная ксилема, под ней залегает флоэма и тяжами склеренхима. Листочки сложного листа бифациальные. Верхняя эпидерма представлена крупными вытянутыми клетками, клетки нижней эпидермы более мелкие. Мезофилл дифференцирован на столбчатую и губчатую паренхиму. Столбчатая паренхима представлена 2 слоями вытянутых перпендикулярно поверхности листа клеток, а губчатая – 4-5 слоями клеток округлой формы.

Как показали наши исследования, стебель розы собачьей (*Rosa canina L*) имеет незавершенный переходный тип строения, видны хорошо выраженные, проводящие пучки разного размера; хорошо просматривается флоэма, перициклическая склеренхима и сердцевина. Кора стебля довольно широкая, эпидерма несет шипы и мелкие волоски (рис.8 А).

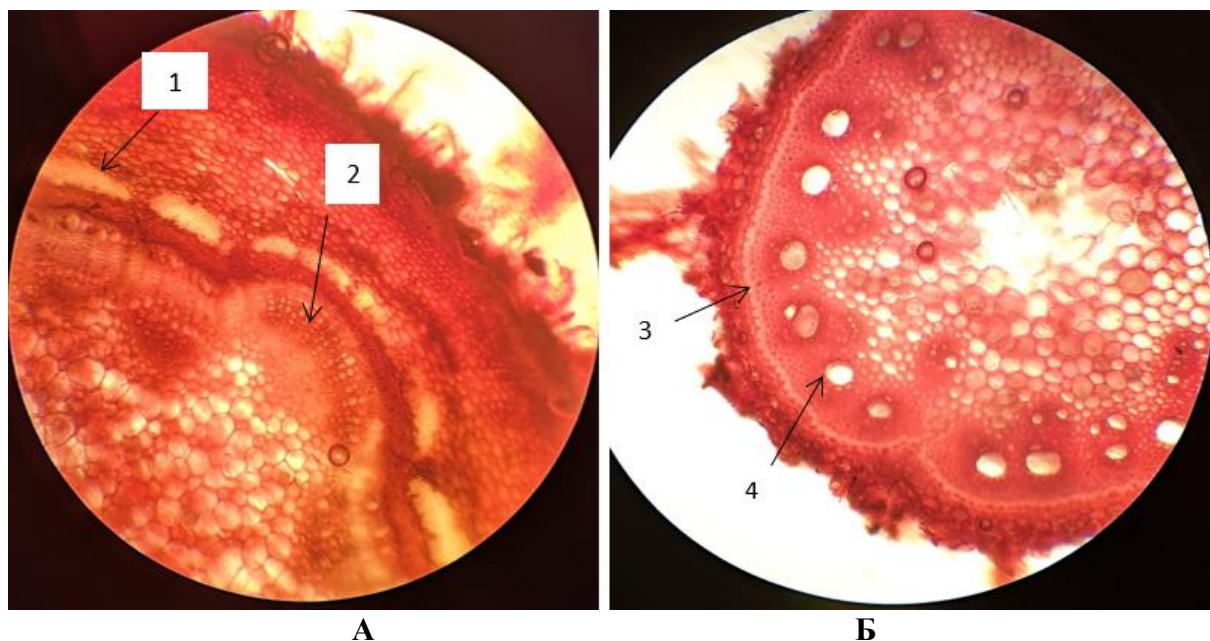


Рисунок 8. Анатомическое строение стебля розы собачьей – А; корневища розы собачьей – Б: 1 – склеренхима перицикла; 2 – ксилема проводящего пучка; 3 – эндодерма; 4 – сосуды

Figure 8. Anatomical structure of the stem – А; rhizomes of the dog rose – В: 1 – sclerenchyma of the pericycle; 2 – xylem of the conducting bundle; 3 – endodermis; 4 – vessels

Корневище розы собачьей (*Rosa canina L*) снаружи покрыто пробкой, коровая паренхима неширокая. Хорошо видна эндодерма, за перициклом по кругу расположены крупные сосуды. Клетки сердцевины в центре более крупные, некоторые разорваны, а к периферии – мелкие. Сердцевина от центра к периферии расходится языками.

Молодые придаточные корни розы собачьей (*Rosa canina L*) имеют первичное строение и покрыты эпиблемой с корневыми волосками, первичная кора неширокая. Хорошо видна эндодерма, окружающая центральный цилиндр. Ксилема представлена 5-ю крупными сосудами (рис.9).

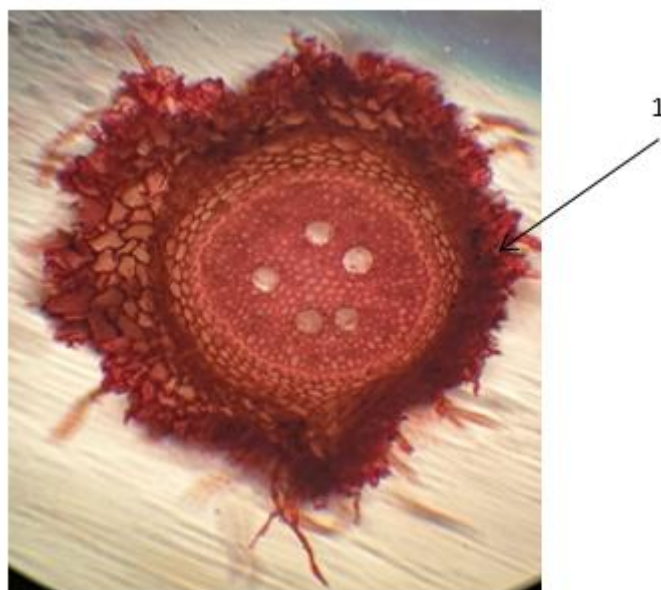


Рисунок 9. Анатомическое строение корня розы собачьей: 1 – сосуды ксилемы  
Figure 9. Anatomical structure of the root of the dog rose: 1 – xylem vessels

**Выводы.** Таким образом, исходный тип строения стебля роз – переходный, который может изменяться в зависимости от условий произрастания. Сорта роз Аваланж и Ред Наоми, выращенные на гидропонике, характеризуются незавершенным типом переходного строения стебля и наличием крупных сосудов в ксилеме проводящих пучков. У растений, выращенных на торфогрунте, переход завершен, и стебли имеют типичную непучковую структуру, с преобладанием древесины. Сосуды ксилемы более мелкие и рассеяны по древесине. Формирование крупных сосудов ксилемы на гидропонике объясняется их основной функцией – проведение восходящего тока – воды с растворенными веществами.

Корни сортов Аваланж и Ред Наоми имеют 4-лучевую ксилему и более крупные сосуды на гидропонике.

У розы собачьей (*Rosa canina* L) стебель характеризуется незавершенным переходным типом строения. В корневище отмечается эндодерма и сосуды, расположенные по кругу.

#### Список источников литературы

1. Васильева О.Ю. Розы. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2004.– 132 с.
2. Бударин А.А., Коробов В.И. Совершенствование методики комплексной сортооценки садовых роз // Плодоводство и ягодоводство России. – 2008 . – Т . 19. – С. 28–32.
3. Юсуфов Г.А. Биология размножения интродуцированных видов шиповника в Горном ботаническом саду ДНЦ РАН // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 1.– С.35-37
4. Челомбит А.П. Интродукция видов и сортов рода *Rosa* L. в Присивашье Крыма: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.02.01. – Ялта, 2010. – 20 с.
5. Зорина Е.В. Садовые розы для выгонки и открытого грунта на юге Приморского края. – Владивосток: СИ ДВО РАН, 2011.–152 с.
6. Зыкова В.К., Клименко З.К. Никитский ботанический сад – родоначальник отечественной селекционной работы с садовыми розами // Феодосийские научные чтения: труды междисциплинар. науч.-практ.конф. – 2015. – № 3. – С. 97–99.
7. Плугатарь С.А. К вопросу культивирования и использования в озеленении роз из разных садовых групп на южном берегу Крыма: Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада . – 2017. – № 145. – С. 205–213.
8. Городняя Е.В. Биологические особенности представителей рода *Rosa* L. коллекции ботанического сада им. Н.В. Багрова Таврической академии Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.02.01.– Ялта, 2017. – 22 с.

9. Васильева О.Ю. Выявление адаптивного потенциала декоративных растений посредством эколого-географического испытания : Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017.– № 145. – С. 11–17
10. Клименко З.К., Зыкова В.К. Биологические особенности культивирования садовых роз для вертикального озеленения на Южном берегу Крыма//Бюллетень ГНБС. – 2018. – Вып. 126. – С.31-36.
11. Клименко З.К., Васильева О.Ю., Зорина Е.В., Дзюба О.В. Эколого-географическое испытание садовых роз в трех климатических зонах // Самарский научный вестник. 2019. – Т. 8, № 1 (26). – С.36-41.
12. McFarland H. *Modern Roses 12*. – Shreveport: The American Rose Society, 2007. – 576 p.
13. Ambros E.V., Vasilyeva O.Yu., Novikova T.I. Effects of in vitro propagation on ontogeny of *Rosa canina* L. micropropagated plants as a promising rootstock for ornamental roses // *Plant cell biotechnology and molecular biology*. – 2016. Vol. 17 (1 s. 1–2). – P. 72–78.
14. Городняя Е.В. Итоги комплексной сортооценки садовых роз в условиях предгорной зоны Крыма. // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 3.– С. 16-21
15. Плугатарь С.А. Биологические особенности чайно-гибридных роз коллекции Никитского ботанического сада: автореф. дис...канд. биол.наук: 03.02.01. – Ялта, 2018. – 23 с.

### References

1. Vasil'eva, O.Yu. (2004), “Rozy”, *Sibirskoe universitetskoe izd-vo*, Novosibirsk, 132 p.
2. Budarin, A.A. and Korobov, V.I. (2008), “Sovershenstvovanie metodiki kompleksnoj sortoocenki sadovyh roz”, *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. Т . 19. pp. 28–32.
3. Yusufov, G.A. (2009), “Biologiya razmnozheniya introducirovannyh vidov shipovnika v Gornom botanicheskom sadu DNC RAN”, *YUG Rossii: ekologiya, razvitie*, no. 1.– pp.35-37.
4. Chelombit, A.P. (2010), “Introdukciya vidov i sortov roda Rosa L. v Prisivash'e Kryma”, Abstract of D.Sc. Candidate of Biological Sciences dissertation; Yalta.
5. Zorina, E.V. (201), “Sadovye rozy dlya vygonki i otkrytogo grunta na yuge Primorskogo kraja”, *SI DVO RAN*, Vladivostok, 152 s.
6. Zykova V.K., Klimenko Z.K. Nikitskij botanicheskij sad – rodonachal'nik otechestvennoj selekcionnoj raboty s sadovymi rozami // Feodosijskie nauchnye chteniya: trudy mezhdiscip. nauch.-prakt.konf. – 2015. – № 3. – pp. 97–99.
7. Plugatar', S.A. (2017), “K voprosu kul'tivirovaniya i ispol'zovaniya v ozelenenii roz iz raznyh sadovyh grupp na yuzhnom beregu Kryma”, *Sbornik nauchnyh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, no. 145, pp. 205–213.
8. Gorodnyaya, E.V. (2017), “Biologicheskie osobennosti predstavitelej roda Rosa L. kolekcii botanicheskogo sada im. N.V. Bagrova Tavricheskoy akademii Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo” Abstract of D.Sc. Candidate of Biological Sciences dissertation; Yalta.
9. Vasil'eva, O.Yu. (2017), “Vyyavlenie adaptivnogo potenciala dekorativnyh rastenij posredstvom ekologo-geograficheskogo ispytaniya/Sbornik nauchnyh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada”, no. 145, pp. 11–17.
10. Klimenko, Z.K. and Zykova, V.K. (2018), “Biologicheskie osobennosti kul'tivirovaniya sadovyh roz dlya vertikal'nogo ozeleneniya na YUzhnom beregu Kryma”, *Byulleten' GNBS*, Vyp. 126, pp.31-36.
11. Klimenko, Z.K., Vasil'eva, O.Yu., Zorina, E.V. and Dzyuba, O.V. (2019), “Ekologo-geograficheskoe ispytanie sadovyh roz v trekh klimaticheskikh zonah”, *Samarskij nauchnyj vestnik*, Т. 8, no. 1.(26) – pp.36-41.
12. McFarland, H. (2007), “Modern Roses 12”, Shreveport: The American Rose Society, 576 p.
13. Ambros, E.V., Vasilyeva, O.Yu. and Novikova, T.I. (2016), “Effects of in vitro propagation on ontogeny of *Rosa canina* L. micropropagated plants as a promising rootstock for ornamental roses”, *Plant cell biotechnology and molecular biology*, Vol. 17 (1 s. 1–2), pp. 72–78.
14. Gorodnyaya, E.V. (2017), “Itogi kompleksnoj sortoocenki sadovyh roz v usloviyah predgornoj zony Kryma”, *Vestnik KrasGAU*, no. 3, pp. 16-21.
15. Plugatar', S.A. (2018), “Biologicheskie osobennosti chajno-gibridnyh roz kolekcii Nikitskogo botanicheskogo sada”, Abstract of D.Sc. Candidate of Biological Sciences dissertation; Yalta.

**Сведения об авторах**

**Найда Надежда Михайловна** – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия и луговодства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8936-4524

**Дюндиков Евгений Эдуардович** – агроном по защите растений, общество с ограниченной ответственностью «АГРОАЛЪЯНС СЕВЕР».

**Information about the authors**

**Nadezhda M. Naida** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agriculture and Meadow Farming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 8936-4524.

**Dyundikov Evgeniy Eduardovich** – agronomist for plant protection, Limited liability company "AGROALLIANCE NORTH".

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** All authors of this research paper were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

**Conflikt of interest.** The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 27.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.03.2022 г.; принята к публикации 20.03.2022 г.*

*The article was submitted 27.01.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted after publication 20.03.2022.*

Научная статья  
УДК 635.9  
doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-29-36

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИБРИДОВ ПЕЛАРГОНИИ ЗОНАЛЬНОЙ

Галина Степановна Осипова<sup>1</sup> Юлия Михайловна Самбулова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; [prof.osipova@mail.ru](mailto:prof.osipova@mail.ru);  
<https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; [konstanta-1@yande.ru](mailto:konstanta-1@yande.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-4315-5008>

**Реферат.** Пеларгония зональная – пришла с Африканского континента, в Европе появилась в 17 веке. Первыми её стали культивировать голландцы, затем пеларгония зональная распространилась по ботаническим садам и частным коллекциям. По данным английского общества любителей пеларгонии (The International Register of Pelargonium Cultivars), род пеларгония насчитывает более 75000 зарегистрированных сортов. На территории России зарегистрировано 9 сортов, сорта были зарегистрированы с 2009 по 2012 год, большинство сортов созданы в ФГБНУ «Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур», г. Сочи. В 2018 г. в СПбГАУ была создана коллекция пеларгонии зональной – 50 сортов и гибридов. На основе этой коллекции проводилась селекционная работа. Она велась в двух направлениях. Первое – получение компактных культиваров (карлики и миниатюры) с крепким цветоносом, обильно цветущих густомахровых гибридов. Другое направление – получение стандартных, обильно и продолжительно цветущих растений с оригинальной окраской. В статье представлены результаты исследований по сравнительной оценке полученных гибридов пеларгонии зональной по декоративным признакам. Гибриды № 173, 9, 17 выделились низким ростом, компактным габитусом куста, продолжительным цветением. Гибриды № 187, 188, 15, 2 – интересной окраской цветка. Все гибриды отличаются пышным цветением и неосыпаемостью цветков. Гибриды имеют разнообразную гамму окрасок – от нежно-розового до насыщенно и яркого малинового цвета, различную высоту цветоносов, разный тип роста, позволяющий использовать данные гибриды в озеленении, а низкорослые формы могут использоваться в качестве горшечной культуры. 7 гибридов рекомендованы для введения в Государственный реестр селекционных достижений.

**Ключевые слова:** пеларгония зональная, сорта, гибриды, семенная раса, декоративные особенности

**Цитирование.** Осипова Г.С., Самбулова Ю.М. Морфологические особенности гибридов пеларгонии зональной // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 29-36. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-29-36.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF HYBRIDS  
OF PELARGONIUM ZONALEGalina S. Osipova<sup>1</sup> Yulia M. Samburova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; [prof.osipova@mail.ru](mailto:prof.osipova@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-3842-0222>

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; [konstanta-1@yandex.ru](mailto:konstanta-1@yandex.ru); <http://orcid.org/0000-0002-4315-5008>

**Abstract.** Pelargonium zonale is originally from the African continent and appeared in Europe in the 17th century. The Dutch were the first to cultivate it and then Pelargonium zonale spread through botanical gardens and private collections. According to the English Society of Pelargonium Lovers (The International Register of Pelargonium Cultivars), the genus pelargonium includes more than 75,000 registered varieties. From 2009 to 2012 there were 9 varieties registered on the territory of Russia, and most of the varieties were created at the Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences of Sochi. In 2018, SPbSAU created a collection of pelargonium zonal – 50 varieties and hybrids. Selection work was carried out on the basis of this collection. The work was conducted in two directions. The first of them was to obtain compact cultivars (dwarfs and miniatures) with a strong peduncle, abundantly blooming thick double flower hybrids. Another direction was to obtain standard, abundant and long-lasting flowering plants with original coloring. The article presents the results of studies on the comparative estimation of the obtained hybrids of pelargonium zonal based on decorative features. Hybrids No. 173, 9, 17 are distinguished by low growth, compact bush habitus, long flowering. Hybrids No. 187, 188, 15, 2 have an interesting flower color. All hybrids are characterized by lush flowering and non-crumbling flowers. Hybrids have a diverse range of colors, from pale pink to rich and bright crimson, different height of peduncles, different growth patterns, allowing these hybrids to be used in landscaping, and undersized forms can be used as a pot culture. 7 hybrids are recommended for recording into the State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection.

**Keywords:** *pelargonium zonal, varieties, hybrids, seed race, decorative features*

**Citation.** Osipova G.S., Samburova, Y.M. (2022), “Morphological features of hybrids of Pelargonium zonale”, vol. 66, no. 1, pp. 29-36 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-29-36

**Введение.** Цветоводство является отраслью растениеводства, занимающейся выращиванием красиво цветущих декоративных растений. В основном ассортимент пополняется за счет интродукции декоративных растений дикой флоры и выведением новых сортов. Одна из важнейших задач любой коллекции – сохранение разнообразия культуры, но также коллекция должна активно использоваться для других направлений, одно из которых – селекционная работа (Бороевич С., 1984). Пеларгония зональная – уроженка Африканского континента, в Европе появилась в 17 веке. Первыми её стали культивировать голландцы, затем пеларгония зональная распространилась по ботаническим садам и частным коллекциям. По данным английского общества любителей пеларгонии (The International Register of Pelargonium Cultivars), род пеларгония насчитывает более 75000 зарегистрированных сортов. На территории России зарегистрировано 9 сортов, первые сорта были зарегистрированы в 2009 году, большинство сортов созданы в ФГБНУ «Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур», г. Сочи (8 сортов: Нежность 2009; Облако 2009; Пламя 2010; Коралл 2010; Белоснежка 2011; Малинка 2011; Оранжевое пламя 2011; Мандарин 2012).

При формировании коллекционного фонда представителей вида Пеларгония зональная в 2018–2019 гг. основной целью было создание максимально возможной коллекции по подбору сортов, отражающей все основные этапы мировой селекционной работы. В целом, в 2019 г. данная работа была завершена, собрано ядро коллекции в количестве более 50 сортов, отражающее историю селекции данной культуры более чем за 150-летний период, с 1870 г. (Australian Pink Rosebud) по 2013 г. (Lisa Jo).

Коллекция пеларгонии зональной в СПбГАУ молодая, но за это время прошла путь от создания фонда из различных групп до этапа селекционной работы. На основе существующих методик и усовершенствованных автором методик проведена оценка морфологических признаков (15 признаков), хозяйственных свойств, способов размножения, что позволило начать селекционную работу с данной культурой.

Селекционная работа велась в двух направлениях. Первое – получение компактных культиваров (карлики и миниатюры) с крепким цветоносом, обильно цветущих густомахровых гибридов. Другое направление – получение стандартных, обильно и продолжительно цветущих растений с оригинальной окраской.

**Цель исследования** – выявление среди селекционного материала наиболее перспективных сортов пеларгонии зональной. Провести скрещивание, сделать оценку полученных гибридов, выделить гибриды, характеризующиеся высокими декоративными качествами. В задачи исследования входило:

- выделить перспективные сеянцы из семенной расы;
- изучить полученные гибриды по следующим признакам: габитус растения, продуктивность цветения, побегообразовательная способность.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Селекционная работа с пеларгонией зональной в СПбГАУ ведется с 2019 года, от опыления перспективных сортов в 2019–2020 гг. были получены семена пеларгонии зональной. Объектами исследования послужили сеянцы, которые стали исходным материалом для дальнейшей работы. Исследования базировались на результатах серии скрещиваний, включающих в себя следующие комбинации: *Cumbanita Deep Rose* x *PAC Salman Queen*; *PAC Salmon Queen* x *Dicon Mandarin*; *Marmaris* x *Margarethe*; *Cumbanita Deep Rose* x *PAC Tomgirl*; *Dicon Mandarin* x *Occold Loogon*; *Kron Princes Mari* x *Diana Louisa*; *PAC Salmon Queen* x *Lara Alf*.

Селекционно-семеноводческая работа с использованием защищенного грунта позволяет получить семена и сеянцы пеларгонии зональной за один год. Исследования и оценку полученных гибридов проводили в помещениях на стеллажах со светильниками при круглогодичном выращивании. Растения выращивались в пластиковых сосудах объемом 0,5 л. Грунт использовали Klasmann (TS-1) 876 с агроперлитом (M150) и агровермикулитом в соотношении 2:1:1. В грунт при посадке вносили минеральные удобрения Osmocote NPK17:11:10+2MgO+MЭ пролонгированного действия.

Индивидуальная оценка и отбор по комплексу морфологических и хозяйственно-биологических признаков пеларгонии зональной проводились согласно стандартным методикам отбора [1]. Сравнительная оценка перспективных сеянцев разработана с учетом рекомендаций: «Методика государственного сортоиспытания декоративных культур», 1960. Изучение феноритмики проводилось по «Методике фенологических наблюдений в ботанических садах», 1975.

Использована модифицированная методика комплексной сортооценки полученных гибридов, предложенная авторами [2]. На основе данной методики, апробированной на коллекционном образце пеларгонии зональной, отобраны перспективные гибриды. Описание окраски цветка проводилось по цветовой шкале *RHS Colour Chart* (Английское королевское общество цветоводов).

**Результаты исследований.** Одним из основных этапов в селекции цветочно-декоративных растений является проведение комплексной оценки полученных гибридов и



выделение из них наиболее ценных форм, пригодных для оформления интерьеров и использования в озеленении.

Сорт обладает определёнными, передающимися по наследству морфологическими, физиологическими, хозяйственными признаками и свойствами. Но в зависимости от климатических условий могут изменяться биометрические показатели растений, что ведет к изменению декоративных качеств. Поэтому важно подобрать сорта для определенной климатической зоны [3, 4].

При подборе родительских пар необходимо учитывать отмечаемое многими исследователями повышение гетерозиса при экологических (созданные в различных экологических зонах) и морфологических различиях родителей. При этом родители должны взаимодополнять друг друга. Подбор родительских пар для скрещивания при селекции пеларгонии зональной является одним из наиболее важных и в то же время самым трудным моментом в селекции. Было проведено 1016 скрещиваний, выделено 83 образца, отобрано 7 гибридов (табл.)

Таблица. Результаты гибридизации, 2019-2020 гг.  
Table. The results of hybridization, 2019-2020

№ гибрида	Родители		Количество, шт.			
	материнская линия	отцовская линия	опыленных цветков	завязавшихся семян	проросших семян	полученных гибридов
15	Cumbanita Deep Rose	PAC Salmon Queen	5	8	7	6
173	Marmaris	Margarethe	7	34	31	28
187	PAC Salmon Queen	Dicon Mandarin	3	12	11	9
188	Cumbanita Deep Rose	PAC Tomgirl	2	6	5	5
9	Dicon Mandarin	Occold Lagoon	9	33	32	26
17	Kronprinsesse Mary	Diana Louisa	6	28	20	18
2	PAC Salmon Queen	Lara Alf	3	4	3	2

Отбор лучших генотипов осуществлялся из гибридной популяции F<sub>1</sub>. Метод отбора – индивидуальный, по комплексу декоративных и хозяйственно-биологических признаков. Полученные растения явились исходным материалом для дальнейшей работы. На них проводились фенологические наблюдения, оценка декоративности и хозяйственно-биологических показателей. Различия проявились в продолжительности цветения, декоративных качествах растений.

Декоративность пеларгонии зональной – совокупность морфологических признаков растения: окраска цветка и ее изменение в процессе цветения (устойчивость к выгоранию), обильность цветения, габитус растения, его устойчивость к осыпанию цветков. Из биологических особенностей пеларгонии зональной наиболее важными являются габитус растения, продолжительность цветения, коэффициент размножения и устойчивость к болезням [5].

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения: отмечали даты (появления всходов, первого настоящего листа, начало бутонизации, цветения). Агротехнические приёмы на селекционно-опытных посевах проводили с учётом

рекомендаций по возделыванию декоративных культур: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1968 [6].

Ниже приводим краткое описание новых гибридов.

**Гибрид № 15** гибридной комбинации *Cumbanita Deep Rose* (растения отличаются мощным ростом и очень крупными махровыми цветками. Окраска насыщенная темно-розовая. Срок цветения средний. Побеги полуампельные) x *PAC Salmon Queen* (компактный аккуратный кустик с огромными шапками персиковых с широкой белой каймой цветов, легкая махровость). Относится к садовой группе стандарт, с высотой цветущего растения 35-45 см. Куст прямостоячий, хорошо облиствен. Лист темно-зелёный, зона слабо выражена. Цветонос крепкий, высота 16,5 см, форма соцветия шаровидная. Цветок махровый, без аромата, пурпурно-розовый со светлой, почти белой изнанкой, лепестки уложены в «рюши», некоторые держат «трубочку». Цветки не осыпаются. Период цветения одного соцветия – 24 дня. Цветение в течение 260-270 дней, с середины марта по октябрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 97 баллов.

**Гибрид № 173** от гибридной комбинации *Marmaris* (крупные махровые малиново-красные цветы собраны в огромные соцветия) x *Margarethe* (окрас соцветий насыщенный красный, куст компактный). Тип куста – карлик, лист типичный для зональной пеларгонии, зеленый, на ярком солнце едва заметная более темная зона. Высота растения 11 см, лист не крупный, около 4 см в диаметре. Цветонос крепкий, высотой 10 см, цветок не крупный, в первом цветении 2 см, в последующих – до 2,8 см в диаметре. Цветок махровый, в среднем 9-11 лепестков, цвет бутонов светло-малиновый. При полном раскрытии окраска более темная, количество цветков в соцветии – 10-15 шт., облиственность куста средняя. Период цветения одного соцветия – 28 дней. Цветение в течение 220-230 дней, с конца марта по октябрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 99 баллов.

**Гибрид № 187**, условное название Шёлк от гибридной комбинации *PAC Salmon Queen* (компактный аккуратный кустик с огромными шапками персиковых с широкой белой каймой цветов, легкая махровость) x *Deacon Mandarin* (компактное растение с плотными шапками цветов. Обильное цветение. Цветы махровые, насыщенного оранжевого цвета). Относится к садовой группе стандарт с высотой цветущего растения 28-35 см. Куст прямостоячий, хорошо облиствен. Лист светло-зеленый, зона слабо выражена. Цветонос крепкий, высота 15 см, форма соцветия шаровидная. Цветок махровый, без аромата, лососево-розовый, лепестки уложены в «рюши». Диаметр цветка 3,2 см. Цветки не осыпаются. Период цветения одного соцветия – 25 дней. Цветение в течение 240-250 дней, с середины – конца марта по ноябрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 95 баллов.

**Гибрид № 188**, условное название Аврора от гибридной комбинации *Cumbanita Deep Rose* (растения отличаются мощным ростом и очень крупными махровыми цветками. Окраска насыщенная темно-розовая. Срок цветения средний. Побеги полуампельные) x плещелистной *PAC Tomgirl* (с темно-бордовыми полумахровыми цветами). Относится к садовой группе стандарт с высотой цветущего растения до 35 см. Куст прямостоячий, побеги слегка провислые, хорошо облиствен. Лист зеленый, зона на ярком солнце выражена хорошо. Цветонос крепкий, высота 17 см, форма соцветия шаровидная. Цветок густо махровый, розовидный, без аромата, лилово-розовый, при роспуске лепестки держат «розы», со временем цветок раскрывается полностью. Диаметр цветка 3,5 см. Цветки не осыпаются. Период цветения одного соцветия – 27 дней. Цветение в течение 300-310 дней, с февраля по ноябрь-декабрь, волнообразно. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 99 баллов.

**Гибрид № 9** от гибридной комбинации *Deacon Mandarin* (компактное растение с плотными шапками цветов. Обильное цветение. Цветы махровые насыщенного оранжевого цвета) x *Occold Lagoon* (с махровыми цветами холодного розового цвета с темными краями, среднего размера, карлик.). Тип куста – среднерослый, лист типичный для зональной пеларгонии, зеленый, на ярком солнце едва заметная более темная зона. Высота растения до 20 см, лист около 6 см в диаметре. Цветонос крепкий, высотой 14,7 см, цветок не крупный, в первом цветении 3 см, в последующих – до 3,5 см в диаметре. Цветок махровый, в среднем 12 лепестков, окраска цветка розово-лососёвая, количество цветков в соцветии – 10-15 шт., облиственность куста средняя, побегообразовательная способность хорошая. Период цветения одного соцветия – 25 дней. Цветение в течение 280-290 дней, с февраля по ноябрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 97 баллов.

**Гибрид № 17**, условное название Мини от гибридной комбинации *Kronprinsesse Mary* (крупные густомахровые розовидные белоснежные цветы с зеленой подсветкой из центра. Обильное цветение огромными шапками на фоне компактного растения) x *Diana Louisa* (карлик, крупные махровые розовые цветы с обильными красными крапинками и полосками). Относится к садовой группе миниатюра с высотой цветущего растения 15 см. Куст прямостоячий, хорошо облиствен. Лист темно-зеленый, зона слабо выражена. Цветонос крепкий, высота 9 см, форма соцветия шаровидная. Цветок махровый, без аромата, нежно розовый. Цветки не осыпаются. Период цветения одного соцветия – 24 дня. Цветение в течение 260-280 дней, с февраля-марта по ноябрь-декабрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 97 баллов.

**Гибрид № 2** от гибридной комбинации *PAC Salmon Queen* (компактный аккуратный кустик, с огромными шапками персиковых с широкой белой каймой цветов, легкая махровость) x *Lara Alf* (гибрид, куст с поникающими побегами, цветок крупный, алый). Относится к садовой группе стандарт с высотой цветущего растения 28-30 см. Куст имеет полуампельные побеги, хорошо облиствен. Лист светло-зеленый, зона слабо выражена. Цветонос крепкий, высота 17 см, форма соцветия шаровидная. Цветок крупный, махровый, без аромата, лилово-малиновый с глазком. Диаметр цветка 4,2 см. Цветки не осыпаются. Период цветения одного соцветия – 23 дня. Цветение в течение 280-290 дней, с февраля-марта по декабрь. Высокодекоративный сорт предпочитает солнечные, защищенные от ветра места, плодородные воздухо- и влагопроницаемые почвы. Оценка декоративности 99 баллов.

**Выводы.** В результате работы были выделены перспективные гибриды, отличающиеся высокими декоративно-хозяйственными признаками. Использование защищенного грунта позволяет не только провести анализирующие скрещивания, но и оценить семенной материал.

Экспериментальные данные показали, что вегетационный период у гибридов F<sub>1</sub>, как правило, наследуется промежуточно.

Новые гибриды высокодекоративны и устойчивы к био- и абиотическим факторам, вредителям и болезням, неприхотливы в условиях обычной агротехники. Имеют высокий коэффициент размножения, могут быть использованы во всех видах цветников, миксбордерах, рабатках, подходят для выращивания, как многолетник, в открытом грунте южных регионов и как однолетняя культура – в средней полосе и на Северо-Западе Российской Федерации. Предпочитают солнечные, защищенные от ветра места. Перспективны для оформления интерьеров. Размножение вегетативное – черенкование.

Полученные гибриды предполагается ввести в Государственный реестр селекционных достижений и оформить на них патент.

### Список источников литературы

1. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве – М.: Россельхозакадемия, 2011. – 648 с.
2. Самбурова Ю.М., Осипова Г.С. Методика первичной сортооценки пеларгонии зональной (*Pelargonium zonal l. herit*) // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся. – СПбГАУ, 2019. – С. 53-56.
3. Благородова Е. Н. История овощеводства. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 151 с.
4. Павленко Н.В., Варфоломеева Н.И. Биологические и технологические основы выращивания цветочных культур: Учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 248 с.
5. Хромов Н., Пугачева Г. Цветы для очень жаркого лета // Настоящий хозяин. – 2010. – №9 (69). – С.6-11.
6. Цеханович С. В. Интродукция новых сортов хризантемы корейской (*Chrysanthemum coreanum Nakaj*) в ЦБС НАН Беларуси // Цветоводство: история, теория, практика: материалы VII Междунар. науч. конф.(24–26 мая 2016 г., Минск) / ред.: ВВ Титок [и др.]. – Минск, 2016. – С. 231-233.

### References

1. Litvinov, S.S. (2011), “Metodika polevogo opita v ovoshchevodstve”, *Rosselkhozakademiya*, M., 648 p.
2. Samburova, Yu.M. and Osipova, G.S. (2019), “Metodica pervichnoi sortootsenki pelargonii zonalnoi ((*Pelargonium zonal l. herit*)”, *Rol molodikh uchenikh v reshenii aktualnikh zadach APK*, pp. 53-56
3. Blagorodova, E.N. (2007), “Istoriya ovoshchevodstva”, Krasnodar, 2007, 151 p.
4. Pavlenko, N.V., and Varfolomeeva, N.I. (2012), “Biologicheskie i tekhnicheskie osnovi virashchivaniya tsvetokhnikh kultur”, Krasnodar, 248 P.
5. Khromov, N. and Pugacheva, G. (2010), “Tsveti dlya zarkogo leta”, *Nactoyashchii khozyain*, no. 9, pp. 6-11.
6. Tsekhanovich, S.V. (2016), “The introduction of new varieties of chrysanthemum Korean (*Chrysanthemum coreanum Nakai*) in the CDG of NAS of Belarus. Tsvetovodstvo: istoriya, teoriya, praktika”, materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (24–26 maya 2016 goda, Minsk) [Floriculture: history, theory, practice: materials of the VII International scientific conference (May 24–26, 2016, Minsk)]. Minsk, pp. 231–233 (in Russian).

### Сведения об авторах

**Осипова Галина Степановна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3655-6388; Scopus ID: 5722309033.

**Самбурова Юлия Михайловна** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8555-9172.

### Information about the authors

**Galina S. Osipova** – Doctor of Agricultural Sciences, professor of the fruit -und-vegetable growing and ornamental gardening department, Saint-Petersburg State Agrarian University, spin-code: 3655-6388; Scopus ID: 5722309033

**Yulia M. Samburova** – postgraduate student, Saint-Petersburg State Agrarian University, spin-code: 8555-9172;

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author’s contribution.** Author of this research paper has directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper has read and

**Conflict of interest.** Authors declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 31.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 01.03.2022 г.; принята к публикации 15.03.2022 г.

The article was submitted 31.01.2022; approved after reviewing 01.03.2022; accepted after publication 15.03.2022.

Научная статья

УДК 634.75

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-36-45

## ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ФРИГО (*FRIGO*) В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Наталья Анатольевна Савенок

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; agrarian1@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-7160-5918>

**Реферат.** Земляника – одна из важнейших ягодных культур России. Она достаточно широко распространена во всех плодовых зонах и открывает сезон созревания плодово-ягодных культур.

Земляника садовая относится к роду *Fragaria* L., семейству *Rosaceae* Juss., виду *Fragaria x ananassa* Duch. (*F.grandiflora* Ehrh.). Это возникший в культуре гибрид двух систематически близких видов *Fragaria chiloensis* (из Южной Америки) и *Fragaria virginiana* (из Северной Америки), объединяет все крупноплодные сорта. Род *Fragaria* содержит 45 видов, распространенных в Северном полушарии. Наиболее важное значение для человека имеют следующие виды: *F.vesca* L. (З. лесная), *F. Viridis* Duch. (Клубника лесная, или Полунина, или З. зеленая), *F.moschata* Duch. (З. мускусная, или клубника), *F.orientalis* Losinsk. (З. восточная), *F. ovalis* Rydb. (З. овальная), *F. virginiana* (З. виргинская), *F. chiloensis* (З. чилийская), *F. x ananassa* Duch. (З. ананасная, или крупноплодная садовая).

Земляника садовая самая распространенная и любимая ягодная культура. Скороплодность, высокая урожайность, зимостойкость, раннеспелость, привлекательный внешний вид, аромат и вкусовые качества ягод – все эти достоинства по праву ставят ее на первое место как в промышленном ягодоводстве, так и в любительском садоводстве.

Значительная часть сортимента земляники садовой устарела и не отвечает современным требованиям интенсивного садоводства для Северо-Западного региона. Это послужило основой для изучения элементов технологии выращивания Фриго (*Friigo*) саженцев зарубежных сортов земляники садовой в Ленинградской области.

**Ключевые слова:** земляника, Фриго, усы, продуктивность, урожайность, вегетация, корреляция

**Цитирование.** Савенок Н.А. Выращивание земляники садовой Фриго (*Friigo*) в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 36-45. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-36-45.

**GROWING OF STRAWBERRY GARDEN FRIGO (*FRIGO*)  
UNDER THE LENINGRAD REGION CONDITIONS****Natalya A. Savenok**

St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; agrarian1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7160-5918>

**Abstract.** Strawberry is one of the most important berry crops in Russia. It is quite widespread in all fruit zones and starts the ripening season for fruit and berry crops.

The garden strawberry belongs to the genus *Fragaria* L., the family Rosaceae Juss., the species *Fragaria x ananassa* Duch. (*F. grandiflora* Ehrh.). This cultured hybrid of two systematically related species *Fragaria chiloensis* (from South America) and *Fragaria virginiana* (from North America) unites all large-fruited varieties. The genus *Fragaria* contains 45 species distributed in the Northern Hemisphere. The following species are most important for humans: *F. vesca* L. (forest z.), *F. Viridis* Duch. (Forest strawberry, or Polunina, or Z. green), *F. moschata* Duch. (Z. musky, or strawberry), *F. orientalis* Losinsk. (W. east), *F. ovalis* Rydb. (Z. oval), *F. virginiana* (Z. virginskaya), *F. chiloensis* (Z. Chilean), *F. x ananassa* Duch. (H. pineapple, or large-fruited garden strawberry).

Garden strawberries are the most widespread and favorite berry crop. Early maturity, high yield, winter hardiness, early ripening, attractive appearance, aroma and taste of berries are the advantages, which rightfully put it in first place both in industrial berry growing and in amateur gardening. A significant part of the garden strawberry assortment is outdated and does not meet the modern requirements of intensive gardening for the North-West region. This fact served as the basis for studying the elements of the technology of growing Frigo seedlings of foreign garden strawberry varieties in the Leningrad region.

**Keywords:** *strawberry, Frigo, seedlings, productivity, yield, vegetation, correlation*

**Citation.** Savenok, N.A. (2021), "Growing strawberry garden Frigo in the conditions of the Leningrad region", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 36-45 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-36-45

**Введение.** Земляника садовая относится к роду *Fragaria* L., семейству *Rosaceae* Juss., виду *Fragaria x ananassa* Duch. (*F. grandiflora* Ehrh.) [1].

В России крупноплодные сорта садовой земляники, завезенные из Западной Европы, стали выращивать в конце XVIII в. Одним из старейших сортов земляники, привезенных в Россию, была Виктория. Наиболее широко культивируемым видом, объединившим все современные сорта земляники, является садовая крупноплодная земляника, или ананасная [2].

Согласно расчетам Института питания, россияне должны потреблять не менее 25 кг свежей земляники в год. В России производят менее 1 кг на душу населения. Недостаток потребления ягод в рационе человека приводит к ухудшению здоровья [3]. Плоды земляники обладают превосходным вкусом и тонким ароматом, широко используются в свежем и переработанном виде [4]. Они содержат 0,75-1,57% органических кислот, до 7,5% сахаров, 0,064-0,128% дубильных и красящих веществ [5]. Земляника – хороший источник витамина С, содержит от 15,2 до 100 мг/100 г витамина С. Употребление ягод в пищу положительно влияет на организм человека – улучшается работа сердца, повышается работоспособность и выносливость [6, 7].

Не все сорта российской селекции отвечают требованиям производителей и потребителей. Очень мало разновидностей интенсивного типа, сочетающих высокие стабильные урожаи, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам, высококачественные ягоды [8].

Надо отметить такие качества выращивания земляники садовой, как плодородие, ранняя спелость, высокий урожай, отличный вкус и привлекательные ягоды. Кроме того, земляника садовая характеризуется хорошей пластичностью к различным почвенно-климатическим условиям и высокой адаптируемостью сортов – это заслуженно ставит данную культуру на одно из первых мест [9].

Выращивание саженцев земляники Фриго (*Frigo*) – одна из самых передовых технологий. Благодаря особым условиям выращивания рассады саженцы можно хранить до 9 месяцев, кусты получаются урожайными, а саму ягоду можно выращивать круглый год [10].

Фриго (*Frigo*) – это специальный способ подготовки и хранения элитного посадочного материала, это саженцы, готовые к плодоношению на первый год и имеющие высокую продуктивную способность. Саженцы Фриго (*Frigo*) – однолетние саженцы земляники с открытой корневой системой в охлажденном состоянии. Стоит заметить, что у данной технологии выращивания земляники есть и недостатки. Земляника скороплодна лишь на 1-й год жизни, на второй год растения начинают плодоносить позже, как при обычной технологии возделывания [10].

**Цель исследования** – изучение хозяйственно-биологических особенностей выращивания интродуцированных сортов земляники садовой Фриго (*Frigo*) в условиях Ленинградской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проведены в 2019 – 2020 гг. на базе Учебно-опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в условиях открытого грунта.

Закладка опыта по всем изучаемым сортам была проведена 13 июня 2019 года. Исследования проведены согласно общепринятой методике «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (С.Д. Айтжанова, Орёл, 1999 г.).

Растения были посажены на опытном участке с использованием мульчирующего материала (черный спанбонд). Рядовая схема посадки растений на грядах 70 x 30 см, что составляет 47,6 тыс. растений на 1 га. Размещение сортов рендомизированное, количество растений в варианте 5 шт., повторность – трехкратная, разрыв между сортами 1,0 метр во избежание их смешивания.

Объектами исследований являлись сорта зарубежной селекции: сорт Вима Ксима был выведен Голландской компанией Vessers в 1981 году. Американский ремонтантный сорт Кабрильо (*Cabrillo*) был выведен селекционерами в Калифорнийском университете. Мице Шиндлер (*Mieze Schindler*) – сорт земляники германской народной селекции, полученный в начале 20 века (1930 г.). Пайнберри (*Pineberry*) был выведен в Голландии компанией VitalBerry. Юния Смайде (контроль) был создан в Латвии в Научно-исследовательском институте земледелия.

Сорта рассады земляники были разделены на 3 категории, согласно общепринятой классификации: А+ экстра, А, А+, по степени развития растений и по диаметру корневой шейки рожка.

Класс А+ экстра – самые качественные и самые дорогие саженцы, образующие в первый год вегетации не менее 4 цветоносов, имеют диаметр сердцевинки не менее 18 мм.

К категории А были отнесены растения с диаметром корневой шейки 12-15 мм. Плодоношение у таких растений начинается в год посадки. Они дают 1 цветонос и гарантированную минимальную продуктивность 50 – 70 г с куста.

Растения категории А+ имеют диаметр шейки от 15 до 18 мм. Плодоношение начинается в год посадки, они дают более 3 цветоносов и 150–250 г ягод с куста. Результаты исследований отражены в таблице 1.

Таблица 1. Классификация саженцев по технологии Фриго (*Frigo*), 2019 г.  
Table 1. Classification of seedlings by Frigo technology, 2019

Сорт	Диаметр корневой шейки, мм	Класс саженца
Вима Ксима	18	A+ экстра
Кабрилло	16	A+
Мице Шиндлер	18	A+ экстра
Пайнберри	14	A
Юния Смайде (к)	19	A+ экстра

**Результаты исследований.** В ходе исследований проведены наблюдения по отдельным фенологическим фазам и были отмечены календарные сроки их прохождения (табл. 2).

Таблица 2. Фенологические фазы сортов земляники, 2019 – 2020 гг.  
Table 2. Phenological phases of strawberry varieties, 2019 – 2020 gg.

Сорт	Год	Начало отрастания новых листьев	Начало выдвижения цветоносов	Начало образования завязей	Начало формирования ягод
Вима Ксима	2019	15 июня	25 июня	29 июня	12 июля
	2020	10 мая	28 мая	02 июня	15 июня
Кабрилло	2019	16 июня	24 июня	30 июня	8 июля
	2020	10 мая	2 июня	8 июня	22 июня
Мице Шиндлер	2019	15 июня	1 июля	6 июля	13 июля
	2020	11 мая	1 июня	6 июня	20 июня
Пайнберри	2019	16 июня	25 июня	02 июля	13 июля
	2020	9 мая	2 июня	08 июня	18 июня
Юния Смайде (к)	2019	15 июня	24 июня	30 июня	11 июля
	2020	10 мая	1 июня	7 июня	17 июня

Из таблицы 2 видно, что в первый год вегетации новые листья сформировались раньше всех у сортов Вима Ксима, Мице Шиндлер и у контрольного сорта Юния Смайде – одновременно 15 июня. На второй год первый настоящий лист образовался раньше всех у сорта Пайнберри – 9 мая 2020 г.

В первый год исследования сорта Кабрилло и Юния Смайде (к) показали первое выдвижение цветоносов 24 июня 2019 г., а на второй год первое выдвижение цветоносов было у сорта Вима Ксима – 28 мая 2020 г., что на 3 дня раньше контрольного сорта Юния Смайде. Позднее начало выдвижения цветоносов в первый год исследования было отмечено у сорта Мице Шиндлер и Кабрилло; и Пайнберри – во второй год исследования соответственно.

Первые завязи в 2019 и 2020 гг. были отмечены у сорта Вима Ксима – 29 июня 2019 года и 2 июня 2020 года, что значительно раньше, чем у остальных исследуемых сортов.

Начало формирования ягод в 2019 году первым было отмечено у ремонтантного сорта Кабрилло – 8 июля 2019 г., самое позднее у сорта Мице Шиндлер – 13 июля, учитывая тот факт, что сорт является поздним по срокам созревания ягод, на второй год – все сорта начали формирование ягод примерно в одинаковые сроки.

Качество куста земляники садовой определяется следующими параметрами: высота растения, количество листьев, длина черешка листа, количество рожков в кусте, объем корневой системы и количество цветоносов на одном кусте [10]. В связи с этим были проведены биометрические измерения надземной части и корневой системы растений земляники садовой. Полученные данные представлены в таблице 3.



Таблица 3. Биометрические показатели вегетативной части земляники в период активного роста растения 2019 – 2020 гг. (средние данные по трем повторностям)  
Table 3. Biometric indicators of the vegetative part of strawberries during the period of active plant growth in 2019 – 2020 (average data for three repetitions)

Варианты опыта	Год	Кол-во листьев, шт.	Длина черешка листа, см	Высота растения	Кол-во рожков, шт.	Объем корневой системы, см <sup>3</sup>
Вима Ксима	2019	9,0	13,3	15,2	2,0	10,0
	2020	16,0	13,6	15,9	3,0	37,8
Кабрилло	2019	7,0	14,1	16,1	1,0	7,5
	2020	10,0	12,0	13,9	1,0	26,6
Мице Шиндлер	2019	12,0	16,2	17,8	2,0	22,5
	2020	14,0	10,4	12,1	4,0	42,3
Пайнберри	2019	13,0	15,3	17,2	2,0	15,0
	2020	7,0	10,3	12,5	3,0	35,0
Юния Смайде (к)	2019	11,0	10,0	12,1	3,0	14,0
	2020	19,0	14,5	16,7	7,0	25,0

По результатам биометрических измерений в первый год вегетации по количеству листьев выделился сорт Пайнберри – 13 шт., наименьший показатель был у сорта Кабрилло – 7 шт.

На второй год вегетации наибольший показатель по количеству листьев дал контрольный сорт Юния Смайде – 19 шт. и наименьшее количество листьев было у сорта Пайнберри – 7 шт. соответственно.

По высоте черешка листа наибольший показатель за 2019 год у сорта Мице Шиндлер – 16,2 см и наименьший – у контрольного сорта Юния Смайде, 10,0 см. На второй год вегетации по высоте черешка листа выделился контрольный сорт Юния Смайде – 14,5 см. Наименьший показатель был у сорта Пайнберри – 10 см. По высоте растения за 2019 год выделился сорт Мице Шиндлер, у него был самый большой показатель среди всех сортов – 17,8 см, наименьшая высота в этот год была у контрольного сорта Юния Смайде – 12,1 см. В 2020 году наибольший показатель по высоте растения был у сорта Юния Смайде – 16,7 см, наименьший у сорта Мице Шиндлер – 12,1 см.

По количеству рожков выделились 2 сорта: Кабрилло и контрольный сорт Юния Смайде. Растения сорта Кабрилло на первый и второй год вегетации не дали новых рожков. У сорта Юния Смайде (к) в первый и второй годы вегетации было наибольшее количество рожков – 3 шт. и 7 шт. соответственно.

По объёму корневой системы в первый год выделились сорта Мице Шиндлер – 22,5 см<sup>3</sup>, наименьший показатель у сорта Кабрилло – 7,5 см<sup>3</sup>. На второй год наибольший объем корневой системы показал сорт Мице Шиндлер – 42,3 см<sup>3</sup> и наименьший показатель у сорта Юния Смайде (к) – 25,0 см<sup>3</sup>.

Следующим этапом исследований стало выявление корреляционной зависимости между площадью листовой поверхности и объемом корневой системы сортов земляники садовой (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость между площадью листовой поверхности и объемом корневой системы, 2020 г.  
Table 4. Relationship between leaf surface area and root system volume, 2020

Варианты опыта	Объем корневой системы, см <sup>3</sup>	Площадь листовой поверхности, в см <sup>2</sup>	Коэффициент корреляции, средний
Вима Ксима	37,8	79,6	0,717
Кабрилло	26,6	57,61	0,514
Мице Шиндлер	42,3	49,11	0,341
Пайнберри	35	77,1	0,537
Юния Смайде (к)	25	82,0	0,685

Пример расчета корреляционной зависимости между объемом корневой системы и площадью листовой поверхности (сорт Вима Ксима):

Объем корневой системы x	Площадь листовой поверхности y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
37,8	352,5	13324,5	1428,84	124256,3
37,5	407	15262,5	1406,25	165649
39,1	882	34486,2	1528,81	777924
37,9	270	10233	1436,41	72900
37,7	525	19792,5	1421,29	275625
37,8	705	26649	1428,84	497025
<b>Σx=227,8</b>	<b>Σy=3141,5</b>	<b>Σxy=119747,7</b>	<b>Σx<sup>2</sup>=8650,44</b>	<b>Σy<sup>2</sup>=191379</b>
Коэффициент корреляции на формулах				
0,717				

По результатам корреляционного анализа можно сделать вывод, что не у всех сортов существует корреляционная зависимость между объемом корневой системы и площадью листовой поверхности. При хорошо развитой корневой системе лучше и быстрее развивается надземная часть растения, что ведет к более быстрому нарастанию вегетативной части земляничного куста и, как следствие, к хорошему и качественному развитию генеративных органов растения (цветоносы, цветки и плоды – ягоды). Наибольший коэффициент корреляции и, следовательно, наибольшую существенную зависимость показал сорт Вима Ксима – коэффициент 0,717, наименьшую существенную зависимость – сорт Кабрилло, 0,514. Сорт Мице Шиндлер не показал корреляционной зависимости, коэффициент корреляции у данного германского сорта – 0,341, что является меньше 0,5.

Главным показателем, определяющим ценность сорта, является урожайность. Он зависит от продуктивности куста и густоты стояния растений. Учет урожая проводился в первый и второй годы после посадки растений.

Зимостойкость является определяющим фактором в распространении любой ягодной культуры и реализации потенциала сорта в средней зоне садоводства. Каждая суровая зима имеет свои особенности и повреждающие факторы для ягодных растений.

В данной работе применялась глазомерная оценка зимостойкости растений земляники садовой. Наблюдения по зимостойкости саженцев земляники проводили в период начала вегетации – май 2020 года, данные представлены в таблице 5.

Степень подмерзания выражали в баллах согласно методике «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (С.Д. Айтжанова, 1999 год).

Средний процент перезимовавших растений по каждому сорту определяют отношением числа живых растений к числу всех растений.

Таблица 5. Зимостойкость исследуемых сортов земляники садовой, 2020 г.  
Table 5. Winter hardiness of the studied strawberry varieties, 2020

Сорт	Подмерзание, балл	Сохранность растений, %
Вима Ксима	2	80
Кабрилло	4	40
Мице Шиндлер	2	80
Пайнберри	4	40
Юния Смайде (к)	1	90

В год проведения исследования по зимостойкости (2020 год) погодные условия зимнего периода были относительно благоприятными для перезимовки растений земляники. 2020 год характеризовался устойчивой зимой, при этом наблюдались поздние весенние заморозки, вследствие чего наблюдались выпадения некоторых рожков. Было выявлено подмерзание от 1 до 4 баллов. Слабому подмерзанию подвергся контрольный сорт Юния Смайде (1 балл), сохранность растений составила 90%. При этом высокой степени подмерзания подверглись сорта Кабрилло и Пайнберри (по 4 балла), сохранность растений по обоим сортам составила 40%.

Основным показателем, определяющим ценность конкретного сорта, является урожайность. Это сложный показатель, который зависит от продуктивности куста и густоты стояния растений.

Продуктивность земляники лимитируется тремя основными компонентами: средним количеством цветоносов на куст, средним количеством ягод на куст, средней массой ягод.

Учет урожая проводился в первый и второй годы после посадки. Данные по оценке сортов по компонентам продуктивности за 2019-2020 года представлены в таблице 6.

Таблица 6. Морфологические компоненты продуктивности сортов земляники садовой за 2019-2020 года

Table 6. Morphological components of productivity of strawberry varieties for 2019-2020

Сорт	Год	Класс саженца	Количество цветоносов, шт./куст	Количество ягод, шт./куст	Средняя масса ягоды, г
Вима Ксима	2019	А+ экстра	6,0	8,0	15,2
	2020	А+ экстра	4,0	6,0	15,1
Кабрилло	2019	А+	5,0	7,0	11,8
	2020	А+	3,0	6,0	11,2
Мице Шиндлер	2019	А+ экстра	9,0	8,0	8,4
	2020	А+ экстра	5,0	12,0	8,7
Пайнберри	2019	А	2,0	5,0	9,7
	2020	А	3,0	6,0	10,1
Юния Смайде (к)	2019	А+ экстра	9,0	8,0	15,7
	2020	А+ экстра	9,0	9,0	15,4

По результатам исследований по первому компоненту продуктивности – среднему количеству цветоносов на куст (9 шт./куст) – в 2019 году выделились сорта Мице Шиндлер и

контрольный сорт Юния Смайде, имели по 9 шт. цветоносов на кусте. В 2020 году выделился только контрольный сорт Юния Смайде – 10 шт./куст.

По второму компоненту продуктивности – среднему количеству ягод на куст (более 25 шт./куст) – все варианты опыта за два года показали результат меньше среднего.

По средней массе ягод по всем сборам (более 12 г/куст) – третий компонент продуктивности – за 2019 и 2020 годы вегетации выделились сорта Вима Ксима – 15,2 г и 15,1 г соответственно и контрольный сорт Юния Смайде – 15,7 г и 15,4 г соответственно.

Продуктивность и фактическая урожайность земляники ограничивается тремя основными компонентами: средним количеством цветоносов на куст, средним количеством ягод на куст, средней массой ягод. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7. **Продуктивность и урожайность сортов земляники за 2019-2020 гг.**  
Table 7. **Productivity and yield of strawberry varieties for 2019-2020**

Сорт	Год	Продуктивность, г/куст	Фактическая урожайность	
			средняя урожайность, т/га	% к контролю
Вима Ксима	2019	121,6	5,7	95,4
	2020	90,6	4,3	66,1
Кабрилло	2019	82,6	3,9	66,1
	2020	67,2	3,1	47,6
Мице Шиндлер	2019	67,2	3,1	52,5
	2020	104,4	4,9	75,4
Пайнберри	2019	48,5	2,3	38,9
	2020	60,6	2,8	43,0
Юния Смайде (к)	2019	125,6	5,9	100
	2020	138,6	6,5	100

$НСР_{0,95} = 0,101$  (2019 год)

$НСР_{0,95} = 0,153$  (2020 год)

Дисперсионный анализ однофакторного опыта выполнен по «Методике полевого опыта Доспехов Б.А.» (1985).

Продуктивность по сортам в среднем составила 50 – 100 г/куст.

По фактической урожайности (более 5 т/га) в 2019 году выделились сорта Вима Ксима (5,7 т/га) и контрольный сорт Юния Смайде (5,9 т/га). В 2020 году выделился только контрольный сорт Юния Смайде – 6,5 т/га. Наименьшая урожайность отмечена у сорта Пайнберри, все остальные сорта показали средние данные.

Показатели вкусовых качеств земляники являются одним из важнейших исследований, в связи с этим была проведена дегустационная оценка ягод, вкусовые качества выражены в баллах от 1 до 5 (табл. 8).

Таблица 8. **Дегустационная оценка ягод, 2019-2020 гг. (средняя по двум годам)**  
Table 8. **Tasting evaluation of berries, 2019-2020 (average for two years)**

Сорт	Дегустационная оценка ягод, балл
Вима Ксима	3,9
Кабрилло	4,4
Мице Шиндлер	5,0
Пайнберри	3,9
Юния Смайде (к)	4,6

По вкусовым качествам выделились сорта Мице Шиндлер и контрольный сорт Юния Смайде, их средняя дегустационная оценка составила 4,8 балла. Наименее привлекательные по вкусовым качествам оказались сорта Вима Ксима и Пайнберри (3,9 балла).

**Выводы.** Таким образом, на основании сравнительной оценки интрадуцированных сортов земляники садовой установлено, что наиболее существенную перспективу по всем изучаемым характеристикам показали сорта Мице Шиндлер, Вима Ксима и контрольный сорт Юния Смайде при выращивании в условиях Ленинградской области по технологии заготовки саженцев Фриго (*Frigo*).

Данные сорта можно рекомендовать как для отрасли промышленного ягодоводства, так и для любительского возделывания в условиях Ленинградской области.

#### Список источников литературы

1. Айтжанова С.Д. Адаптивный и продуктивный потенциал новых сортов и отборов земляники // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России. – 2008. – № 1. – С. 3.
2. Даньков В.В., Скрипниченко М.М., Логинова С.Ф., Горбачева Н.Н. Ягодные культуры. – СПб: Лань, 2015. –192 с.
3. Dierend, W (2012) “Erdbeeranbau”, Ulmer Stuttgart, p. 96
4. Атрощенко Г.П. Земляника в Северо-Западном регионе // Сады России – 2016. - № 6. - С.14-19.
5. Атрощенко Г.П., Логинова С.Ф., Савенок Н.А. Оценка сортов земляники на пригодность к промышленному возделыванию и размножению в условиях Северо-Запада России // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник науч. трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава (Санкт-Петербург-Пушкин, 28-30 января 2016 года). Ч. I. / СПбГАУ. – СПб., 2016. – С. 18-21.
6. Закотин В.С. Земляника. Биологические особенности продуктивности: Монография. – М: Издательство «Офсет», 2015. –100 с.
7. Dierend, W (2012) “Erdbeeranbau”. Ulmer Stuttgart, p. 136
8. Куликов И.М., Метлицкий О.З. Производство плодов и ягод в мире // Плодоводство и ягодоводство России. – 2006. – № 2. – С. 99-112.
9. Linnemanstöns, L. (2011), “Fachgruppe Obstbau im Bundesausschuss Obst und Gemüse”, *Obstbau*, no. 1, pp. 50-51.
10. Муханин И.В., Жбанова О.В. Десертные сорта земляники – основа современных технологий промышленного производства ягод // Российская школа садоводства. – 2015. – №1. – С. 25-30.

#### References

1. Aitzhanova, S.D. (2008), “Adaptive and productive potential of new varieties and selections of strawberries”, *Problemy agroekologii i adaptivnost sortov v sovremennom sadovodstve Russia* – 2015. – no. 1, p. 3.
2. Dankov, V.V., Skripnichenko, M.M., Loginova, S.F. and Gorbacheva, N.N. (2015) *Yagodnyye kultury* [Berry crops], Lan, St. Petersburg, Russia.
3. Dierend, W (2012) “Erdbeeranbau”, *Ulmer Stuttgart*, p. 96
4. Atroschenko, G.P. (2016) “Strawberries in the Northwest Region”, *Sady Russia*, no. 6, pp. 14-18.
5. Atroschenko, G.P., Loginova, S.F. and Savenok, N.A. (2016), “Evaluation of strawberry varieties for suitability for industrial cultivation and reproduction in the conditions of the North-West of Russia”, *Sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava* [Collection of scientific. proceedings of the international scientific-practical conference of the teaching staff], *Nauchnoye obespecheniye razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya* [Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution], St. Petersburg, Russia, dated 28-30 January 2016, vol. 1, pp. 18 - 21.
6. Zakotin, V.S. (2015) *Zemlyanika* [Strawberry], *Biologicheskiye osobennosti produktivnosti* [Biological features of productivity], Offset, Moscow, Russia.
7. Dierend, W (2012) “Erdbeeranbau”. *Ulmer Stuttgart*, p. 136
8. Kulikov, I.M., Metlitsky, O.Z. (2006), “Production of fruits and berries in the world”, *Plodovodstvo i yagodovodstvo Russia*, pp. 99-112.
9. Linnemanstöns, L. (2011), “Fachgruppe Obstbau im Bundesausschuss Obst und Gemüse”, *Obstbau*, no. 1, pp. 50-51.

10. Muhanin, I. V., Zhibanova, O. V. (2015), "Dessert varieties of strawberries are the basis of modern technologies for industrial production of berries", *Rossiyskaya shkola sadovodstva*. – 2015. – no. 1, pp. 25-30.

#### Сведения об авторах

**Савенок Наталья Анатольевна** – старший преподаватель кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7449-5883

#### Information about the authors

**Savenok Natalya Anatolyevna** – Senior Lecturer 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: 7449-5883

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

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflikt of interest.** The author declares no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 02.02.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.03.2022 г.; принята к публикации 20.03.2022 г.*

*The article was submitted 02.02.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted after publication 20.03.2022.*

Научная статья

УДК 635.649

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-45-56

## АДАПТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

**Дарья Александровна Попова**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д.2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601; [guga86@mail.ru](mailto:guga86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2321-3415>

**Реферат.** Перец сладкий – ведущая культура в защищенном грунте. Ценится за высокое содержание витаминов, в первую очередь аскорбиновой кислоты – до 200 мг/100 г и более, рутина (витамин Р) достигает 25–30 мг/100 г, каротина (витамина А) до 14–15 мг/100 г, более высокое содержание каротина в плодах с интенсивно красной окраской и повышается по мере созревания. Большое значение при выращивании перца сладкого имеет использование адаптированных сортов и гибридов. Активная селекционная работа привела к появлению большого количества сортов и гибридов перца сладкого. В работе приведены данные об адаптационных свойствах 22 сортов и гибридов перца сладкого. Сорты и гибриды

сгруппированы по адаптационным свойствам, урожайности, скороспелости, массе плода, высоте растений, облиственности, размеру листа. Высокими адаптационными свойствами отличились сорта Ласточка, Ласочка, Добряк, Веснушка, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Хризолит. Урожайность выше контроля сформировали: сорт Ласочка – 5,83 кг/м<sup>2</sup>, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный – 6,16 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Снегирек – 7,51 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Снежок – 6,05 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Леро – 6,77кг/м<sup>2</sup>. Крупные плоды, превышающие 100 г, были у сортов Веснушка, Сатурн, гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка. Отмечена значительная зависимость урожайности и массы плодов от условий выращивания у сортов Флорида, Белая ночь, гибридов F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка. В условиях жаркого лета 2010 г. с превышением температуры от 2,8<sup>0</sup>С до 8,5<sup>0</sup>С наиболее высокая урожайность была у гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим и F<sub>1</sub>Золотинка. Ниже контроля была урожайность у сортов Флорида, Верность и гибридов F<sub>1</sub>Пламенный и F<sub>1</sub>Леро. Наиболее плотные плоды были у сортов Флорида, Добряк и Ласочка и гибрида F<sub>1</sub>Руза. По содержанию аскорбиновой кислоты выделились сорт Верность, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Руза, F<sub>1</sub>Хризолит. В годы с невысокой температурой в период вегетации (2011-й и 2012-й) в плодах перца сладкого накапливалось больше аскорбиновой кислоты. В условиях высокой температуры 2010 г. содержание аскорбиновой кислоты снижалось. Наиболее высокое содержание каротина у сортов Ласточка, Ласочка, Тифлис, гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит.

**Ключевые слова:** *перец сладкий, сорта, гибриды, адаптационные свойства, урожайность, биологическая спелость, техническая спелость, биохимический состав, масса плода, пленочные теплицы*

**Цитирование.** Попова Д.А. Адаптационные свойства сортов и гибридов перца сладкого в пленочных теплицах Северо-Запада РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 45-56. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-45-56.

## ADAPTIVE FEATURES OF SWEET PEPPER VARIETIES AND HYBRIDS IN FILM GREENHOUSES OF THE NORTH-WESTERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Daria A. Popova**

St Peterburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St.Petersburg, 196601, Russia, [guga86@mail.ru](mailto:guga86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2321-3415>

**Abstract.** The sweet pepper is basic greenhouse crop. Its value is in high content of vitamins, especially ascorbic acid – up to 200 mg/ 100 g and more, rutin (vitamin P) is up to 25–30 mg/100g, carotene (vitamin A) – to 14–15 mg/100g, higher carotene content is in fruits of more intensive red colors and it increases while ripening. Of great importance in sweet pepper cultivation is the use of adaptive sorts and hybrids. Active selection work has led to creation of large quantity of sweet pepper sorts and hybrids. In the article there is information about adaptive characteristics of 22 sweet pepper sorts and hybrids. Sorts and hybrids are grouped by adaptive features, productivity, ripening rate, weight of fruit, plant height, leafiness, size of leaf. The following sorts have the best adaptive characteristics: Lastochka, Lasochka, Dobryak, Vesnushka, Hybrids F<sub>1</sub>Plamenniy, F<sub>1</sub>Snegirek, F<sub>1</sub>Snejok. F<sub>1</sub>Lero, F<sub>1</sub>Ararat, F<sub>1</sub>Hrizolit. Some sorts productivity surpasses the control point: Lasochka – 5,83 kg/m<sup>2</sup>, hybrids F<sub>1</sub>Plamenniy – 6,16kg/m<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Snegirek – 7,51 kg/m<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Snejok – 6,05 kg/m<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Lero – 6,77kg/m<sup>2</sup>. Such sorts as Vesnushka, Saturn, hybrids F<sub>1</sub>Snegirek, F<sub>1</sub>Piligrim, F<sub>1</sub>Zolotinka have large fruits, over 100 g . There is significant fruit yield and mass dependence on growing conditions for sorts Florida, Belaya Noch, hybrids F<sub>1</sub>Snejok, F<sub>1</sub>Piligrim, F<sub>1</sub>Zolotinka. In hot summer conditions, in 2010, with temperature exceeding from 2,8<sup>0</sup>C to 8,5<sup>0</sup>C, hybrids F<sub>1</sub>Snegirek, F<sub>1</sub>Piligrim

and F<sub>1</sub> Zolotinka had the highest yield. The productivity of sorts Florida, Vernost and hybrids F<sub>1</sub>Plamenniy and F<sub>1</sub> Lero was below control. Sorts Florida, Dobrjak, Lasochka and hybrid F<sub>1</sub>Pyza had the tightest fruits. The content of ascorbic acid is the most significant in sorts Vernost, hybrids F<sub>1</sub>Plamenniy, F<sub>1</sub>Ararat, F<sub>1</sub>Ruza, F<sub>1</sub>Hrizolit. More ascorbic acid has accumulated in the fruits of sweet pepper in years with low temperatures during the vegetation period (2011 and 2012). Under high temperature conditions of 2010, the content of ascorbic acid decreased. The highest carotene content there is in fruits of sorts Lastochka, Lasochka, Tiflis, hybrids F<sub>1</sub>Snegirek, F<sub>1</sub>Ararat, F<sub>1</sub>Terek, F<sub>1</sub>Ruza and F<sub>1</sub>Hrizolit.

**Keywords:** *sweet pepper, sorts, hybrids, adaptive features and characteristics, crops productivity, biological ripeness, technical ripeness, biochemical content, fruit mass, film greenhouses*

**Citation.** Popova, D.A. (2022), “Adaptive features of sweet pepper varieties and hybrids in film greenhouses of the north-western region of the Russian Federation”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 45-56 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-45-56.

**Введение.** Перец сладкий – ведущая культура в защищенном грунте. Ценится за высокое содержание витаминов, в первую очередь аскорбиновой кислоты – до 200 мг/100 г и более, рутина (витамин Р) достигает 25–30 мг/100г, каротина (витамина А) до 14–15 мг/100 г, более высокое содержание каротина в плодах с интенсивно красной окраской и повышается по мере созревания [1, 2].

Рутин способствует повышению прочности кровеносных сосудов, оказывая благотворное влияние на физиологическое состояние человека. Фолиевой кислоты накапливается 1,3–2,9 мг/100 г и её содержание больше у толстостенных плодов [3]. Содержание физиологически активных веществ зависит от сорта и условий выращивания [4].

Большое значение при выращивании перца сладкого имеет использование адаптированных сортов и гибридов [5, 6, 7, 8]. Активная селекционная работа привела к появлению большого количества сортов и гибридов перца сладкого. Всего в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2011 год, зарегистрировано 439 сортов и гибридов. Сорта и гибриды, в основном южного происхождения, требуют адаптационной оценки, отбора сортов и гибридов с высокой продуктивностью, высокими вкусовыми качествами, изучения приемов технологии выращивания в условиях пленочных теплиц Северо-Запада РФ [9].

Пышной О.Н. были сформулированы требования к сортам и гибридам перца сладкого для защищенного грунта. Для защищенного грунта нужны сорта и гибриды скороспелые, высокоурожайные, салатного назначения с отличными вкусовыми качествами, высоким содержанием биологически активных веществ, обладающие устойчивостью к болезням и стрессовым факторам среды. Плоды перца должны быть красивыми, гладкими без деформации, с нежной кожицей, сочными, ароматными, с толщиной стенки перикарпия не менее 5 мм, желтоватой, белой, зеленой или фиолетовой окраски в технической спелости и желтой, оранжевой, красной или коричневой – в биологической спелости. Форма может быть различной – от плоско-округлой до квадратной. Средняя масса не менее 60 г.

При создании моделей сортов и гибридов перца сладкого для защищенного грунта необходимо учитывать тип культивационного сооружения. Для необогреваемых пленочных теплиц О.Н. Пышная рекомендует использовать скороспелые детерминантные и супердетерминантные сорта и гибриды, которые за ограниченный период вегетации способны сформировать урожайность 4-6 кг/м<sup>2</sup> [10].

**Цель исследования** – определить адаптационные свойства сортов и гибридов перца сладкого для необогреваемых пленочных теплиц Северо-Запада РФ, выделить наиболее перспективные сорта и гибриды.



**Материалы, методы и объекты исследований.** Для исследований были использованы 22 сорта и гибрида перца сладкого ведущих селекционных организаций: Ласточка (контроль), Флорида, Добряк, Веснушка, Белая ночь, Верность, Тифлис, Сатурн и Дунай и гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Эривань, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит. Исследования проводили в 2010–2012 гг. и 2020–2021 гг. В 2020–2021 гг. к исследуемым сортам и гибридам добавили созданный автором сорт Ласточка [11]. Влияние условий выращивания на показатели устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

**Результаты исследований.** В условиях Ленинградской области лимитирующим фактором при выращивании перца сладкого в пленочных теплицах являются пониженные температуры и избыток осадков в период формирования урожая. Для нормального развития растений необходима сумма эффективных температур (выше 15<sup>0</sup>С) около 3000<sup>0</sup>С (Литвинов С.С., 2008).

По высоте сорта можно разделить на высокорослые – выше 75 см: Добряк, Дунай, гибриды F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Терек и F<sub>1</sub>Хризолит, среднерослые – от 65 до 75 см: Ласточка, Веснушка, Верность, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Эривань, F<sub>1</sub>Княжич и низкорослые – 50-65 см: сорта Флорида, Белая ночь, Тифлис, Сатурн, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Руза.

По количеству листьев к малооблиственным можно отнести сорта и гибриды с количеством листьев от 100 до 130 – Веснушка, Сатурн, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Казбек. К среднеоблиственным – с количеством листьев 130-170: сорта Верность и Тифлис и гибриды F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Казбек; к сильнооблиственным – с количеством листьев больше 170 листьев: сорта Ласточка и Белая ночь, гибриды F<sub>1</sub>Снегирек и F<sub>1</sub>Эривань.

По размеру листа – мелколистными, с размером листа 20-35 см<sup>2</sup>: сорта Добряк и Верность и гибриды F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит; к сортам со средним размером листа – от 35 до 45 см<sup>2</sup> относится большинство сортов и гибридов; крупные листья, 72 см<sup>2</sup>, у сорта Сатурн.

Большую листовую поверхность – более 6000 см<sup>2</sup> сформировали сорта Ласточка и Белая ночь, Сатурн, гибриды F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Арагат и F<sub>1</sub>Эривань; среднюю – от 4000 до 6000 см<sup>2</sup>: сорта Флорида, Добряк, Тифлис и гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек; компактные растения с небольшой листовой поверхностью у сортов Веснушка и Верность, гибридов F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит.

Сорта и гибриды перца сладкого значительно различались по количеству и скорости формирования генеративных органов. Большое количество цветков – больше 10 – было у сортов Добряк, Верность, Тифлис и Дунай и гибридов F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит. По формированию плодов выделились сорта Ласточка – 5,6, Верность – 8,2, Тифлис – 7,4 и Дунай – 6,4, гибриды F<sub>1</sub>Снегирек – 6,2, F<sub>1</sub>Леро – 7,2, F<sub>1</sub>Арагат – 7,4, F<sub>1</sub>Терек – 7,2, F<sub>1</sub>Руза – 7,6 и F<sub>1</sub>Хризолит – 8,4 плода (табл.1).

Урожайность выше контроля сформировали сорта Добряк и Сатурн и гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Хризолит, близкая с контролем урожайность у гибридов F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Эривань и F<sub>1</sub>Руза.

По количеству плодов в биологической спелости к уборке сорта и гибриды можно разделить на ультраскороспелые – доля плодов в биологической спелости больше 70%: сорт Верность, гибриды F<sub>1</sub>Арагат и F<sub>1</sub>Руза; скороспелые – от 50 до 70 %: сорта Ласточка, Добряк, Веснушка, Белая ночь, Дунай, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Эривань, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Хризолит; среднеспелые – от 30 до 50 %: сорт Флорида и гибриды F<sub>1</sub>Снегирек и F<sub>1</sub>Золотинка; позднеспелые – менее 30 %: сорт Сатурн.

Таблица 1. Биометрические показатели перца сладкого, 2011 г.  
Table 1. Biometrical indicators of sweet pepper plant, 2011

Сорт, гибрид	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Площадь, см <sup>2</sup>		Количество, шт.		
			листа	листовой поверхности	цветков	завязей	плодов
Ласточка (контроль)	65	184	36	6624	8,2	3,8	5,6
Флорида	50	146	39	5694	5,8	3,2	3,4
Добряк	80	255	21	5355	10,6	5,0	3,8
Веснушка	68	111	36	3996	7,8	3,6	2,6
Белая ночь	61	180	37	6660	7,2	1,4	1,0
Верность	65	155	19	2945	18,6	5,8	8,2
Тифлис	63	137	37	5069	14,4	5,4	7,4
Сатурн	55	120	72	8640	5,8	2,8	1,8
Дунай	87	184	38	6992	11,4	5,4	6,4
F <sub>1</sub> Пламенный	65	112	41	4592	11,0	7,2	4,0
F <sub>1</sub> Снегирек	85	176	31	5456	11,6	4,8	6,2
F <sub>1</sub> Снежок	61	117	34	3478	9,4	6,8	4,6
F <sub>1</sub> Леро	67	176	37	6512	16,4	5,6	7,2
F <sub>1</sub> Пилигрим	78	166	42	6972	8,0	2,6	3,2
F <sub>1</sub> Золотинка	61	103	36	3708	6,8	0,2	1,2
F <sub>1</sub> Арагат	63	163	39	6357	14,8	5,0	7,4
F <sub>1</sub> Терек	84	117	38	4446	9,2	6,4	7,2
F <sub>1</sub> Казбек	63	167	36	6012	8,4	5,8	5,8
F <sub>1</sub> Эривань	70	193	38	7334	10,8	5,0	4,4
F <sub>1</sub> Княжич	70	130	27	3510	7,6	1,8	1,0
F <sub>1</sub> Руза	64	122	28	3415	10,8	6,4	7,6
F <sub>1</sub> Хризолит	84	101	31	3131	14,9	8,4	8,4

Доля нестандартных плодов была выше у сортов Веснушка – 7,4 %, Белая ночь – 6,4 %, Сатурн – 7,6 % и гибрида F<sub>1</sub>Золотинка – 8,6 % за счет больных плодов. Так же как в предыдущих исследованиях сильнее поражаются гнилями сорта и гибриды со светлой окраской плодов. Что касается сорта Сатурн, то у него очень крупные плоды – 191 г и долго не переходят к биологической спелости. Не было больных плодов у сортов Ласточка, Верность, гибридов F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит.

По массе плодов сорта и гибриды можно отнести к крупноплодным, с массой более 120 г – сорта Ласточка, Флорида, Веснушка, Белая ночь, Тифлис, Сатурн и гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим и F<sub>1</sub>Золотинка; к мелкоплодным (50 – 60 г) – сорта Верность и Дунай и гибрид F<sub>1</sub>Терек, у сорта Дунай плоды хоботовидные, у гибрида F<sub>1</sub>Терек – узкоконусовидные, остальные сорта и гибриды – к среднеплодным (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и структура урожая перца сладкого, 2011 г.  
Table 2. Sweet pepper productivity and structure of crops, 2011

Сорт, гибрид	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Доля, %				Масса плода, г
		стандартная		нестандартная		
		биологи- ческая спелость	техни- ческая спелость	мелкие	больные	
Ласточка (контроль)	4,46	59,7	38,9	1,4	–	120
Флорида	3,75	36,3	58,6	1,0	4,1	139
Добряк	4,84	64,1	33,8	0,8	1,3	96
Веснушка	3,74	62,2	30,4	1,2	6,2	140
Белая ночь	3,32	68,8	24,8	0,8	5,6	124
Верность	3,86	82,7	17,1	0,2	–	59
Тифлис	3,58	72,0	26,5	0,9	0,6	126
Сатурн	4,95	23,0	69,4	2,8	4,8	191
Дунай	3,69	66,4	29,9	3,0	0,7	49
F <sub>1</sub> Пламенный	5,56	68,3	29,2	2,0	0,5	123
F <sub>1</sub> Снегирек	6,32	47,4	48,7	3,1	0,8	132
F <sub>1</sub> Снежок	4,58	62,4	33,1	4,2	0,3	128
F <sub>1</sub> Леро	5,23	60,1	37,0	2,0	0,9	101
F <sub>1</sub> Пилигрим	5,77	65,0	30,7	2,8	1,3	144
F <sub>1</sub> Золотинка	2,51	43,1	48,3	3,2	5,4	144
F <sub>1</sub> Арагат	6,27	72,0	26,5	1,2	0,3	83
F <sub>1</sub> Терек	4,23	55,0	42,9	2,1	–	55
F <sub>1</sub> Казбек	6,60	59,0	37,4	3,1	–	83
F <sub>1</sub> Эривань	4,56	68,3	28,5	2,1	1,1	95
F <sub>1</sub> Княжич	3,82	66,2	27,1	3,2	3,5	113
F <sub>1</sub> Руза	4,29	75,1	24,4	0,3	–	83
F <sub>1</sub> Хризолит	5,06	65,4	32,8	1,5	–	84
НСР <sub>05</sub>	0,26					

Содержание сухого вещества выше 8 % наблюдалось у сортов Верность – 8,52 % и Флорида – 8,55 %; от 7 до 8 % – у сортов Веснушка и Дунай и гибридов F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Княжич и F<sub>1</sub>Хризолит. По содержанию сахара выделился гибрид F<sub>1</sub>Снегирек – 6,10 %, высокое содержание сахаров (от 5 до 6 %) у сортов Флорида, Белая ночь, Верность, Дунай и гибридов F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит (табл. 3).

По содержанию аскорбиновой кислоты более 200 мг/100 г выделились сорт Верность – 244 мг/100 г, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный – 229 мг/100 г, F<sub>1</sub>Арагат – 228 мг/100 г, F<sub>1</sub>Терек – 214 мг/100 г, F<sub>1</sub>Руза – 234 мг/100 г, F<sub>1</sub>Хризолит – 229 мг/100 г. Высокое содержание каротина (более 10 мг/100 г) отмечено в сортах Ласточка – 13,4 мг/100 г, Тифлис – 13,7 мг/100 г и Дунай – 12,4 мг/100 г, в гибридах F<sub>1</sub>Пламенный – 12,4 мг/100 г, F<sub>1</sub>Снегирек – 13,8 мг/100 г, F<sub>1</sub>Арагат – 14,9 мг/100 г, F<sub>1</sub>Терек – 16,4 мг/100 г, F<sub>1</sub>Княжич – 12,4 мг/100 г, F<sub>1</sub>Руза – 16,0 мг/100 г и F<sub>1</sub>Хризолит – 17,4 мг/100 г. В плодах перца сладкого содержание нитратов значительно ниже ПДК – 250 мг/кг (табл.3). Исследования по биохимическому составу нового сорта Ласочка показали: содержание сухого вещества 6,73–6,92 %, сахаров – 4,71 – 4,95 %, аскорбиновой кислоты 190–214 мг/100 г, каротина 13,1–14,3 мг/100 г, нитраты – 6–12 мг/кг.

Таблица 3. Биохимический состав плодов перца сладкого, 2011 г.  
Table 3. Biochemical content of sweet pepper fruits, 2011

Сорт, гибрид	Сухое вещество, %	Сахара, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Каротин, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
Ласточка (контроль)	6,37	4,71	189	13,4	12
Флорида	8,44	5,51	194	3,1	5
Добряк	5,36	3,70	184	8,4	10
Веснушка	7,85	4,34	174	3,5	5
Белая ночь	6,80	5,02	140	4,2	6
Верность	8,52	5,52	244	10,8	13
Тифлис	5,91	3,30	144	13,7	6
Сатурн	5,20	2,70	105	9,1	10
Дунай	7,61	5,41	189	12,4	11
F <sub>1</sub> Пламенный	7,04	5,90	229	11,6	13
F <sub>1</sub> Снегирек	7,62	6,10	174	13,8	12
F <sub>1</sub> Снежок	4,91	3,53	129	8,7	6
F <sub>1</sub> Леро	6,40	4,72	189	9,3	11
F <sub>1</sub> Пилигрим	7,82	5,50	169	9,5	11
F <sub>1</sub> Золотинка	7,73	5,40	176	5,1	12
F <sub>1</sub> Арарат	6,82	4,85	228	14,0	12
F <sub>1</sub> Терек	7,23	5,60	214	16,4	13
F <sub>1</sub> Казбек	6,49	5,10	184	8,6	10
F <sub>1</sub> Эривань	5,36	2,63	189	8,0	5
F <sub>1</sub> Княжич	7,61	5,41	189	12,4	11
F <sub>1</sub> Руза	6,75	5,60	234	16,0	12
F <sub>1</sub> Хризолит	7,18	5,91	229	17,4	14

Климатические условия в годы исследований значительно различались. Условия 2010 г. отличались высокими температурами – в июне выше средней многолетней на 1,7<sup>0</sup>С, в июле – 7,2<sup>0</sup>С, в августе – 4,6<sup>0</sup>С, в сентябре – 2,2<sup>0</sup>С, осадки меньше средних многолетних. В 2011 г. наблюдалось превышение температуры от 2,7<sup>0</sup>С в июне до 5,6<sup>0</sup>С в августе, в июле температура была близкой к средней многолетней и обильные осадки. В 2012 году превышение температуры от средней многолетней на 1,2 – 2,7<sup>0</sup>С, обильные осадки (две месячных нормы в августе). 2020 год отличался температурой близкой или ниже средней многолетней и обильные осадки в августе. Условия 2021 года были близкими с условиями 2010 г.

Условия 2010 года способствовали высокой урожайности перца сладкого, особенно гибридов F<sub>1</sub>Золотинка, F<sub>1</sub>Снегирек (среднеспелые), F<sub>1</sub>Снежок и F<sub>1</sub>Пилигрим (раннеспелые). Резко снизили урожайность в 2011 и 2012 гг. сорта Флорида, Веснушка, Белая ночь, гибриды F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Золотинка и F<sub>1</sub>Пилигрим, что говорит о низких адаптационных способностях этих сортов и гибридов. Относительно толерантны к условиям выращивания сорта Ласточка, Добряк, Сатурн, Ласочка, Тифлис, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Арарат, F<sub>1</sub>Хризолит и F<sub>1</sub>Руза.

За годы исследований выше контроля сформировали урожайность сорт Ласочка и гибриды F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Леро и F<sub>1</sub>Хризолит, близкая с контролем урожайность сорта Добряк, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим и F<sub>1</sub>Арарат (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность сортов и гибридов перца сладкого, 2010 -2012 гг., 2020-2021 гг.  
Table 4. Sweet pepper productivity of sorts and hybrids, 2010-2012, 2020-2021

Сорт, гибрид	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя
Ласточка (контроль)	7,84	4,46	4,87	4,24	5,84	5,45
Флорида	6,69	3,75	2,31	2,92	3,90	3,91
Добряк	7,26	4,84	4,87	–	–	5,65
Веснушка	7,31	3,74	4,79	2,92	4,37	4,63
Белая ночь	7,61	3,32	3,24	–	–	4,72
Верность	5,34	3,86	2,99	–	–	4,02
Тифлис	–	3,58	4,51	4,34	5,72	4,53
Сатурн	–	4,95	4,65	–	–	4,80
Дунай	–	3,69	2,80	–	–	3,24
Ласочка	–	–	–	5,21	6,45	5,83
F <sub>1</sub> Пламенный	7,31	5,56	5,12	–	–	6,00
F <sub>1</sub> Снегирек	9,18	6,32	7,16	5,08	7,03	6,95
F <sub>1</sub> Снежок	8,70	4,58	4,78	–	–	6,02
F <sub>1</sub> Леро	7,69	5,23	9,90	4,75	5,85	6,68
F <sub>1</sub> Пилигрим	8,70	5,77	2,85	3,68	4,64	5,13
F <sub>1</sub> Золотинка	10,38	2,51	2,47	–	–	5,12
F <sub>1</sub> Арагат	–	6,27	4,14	–	–	5,20
F <sub>1</sub> Терек	–	4,23	4,57	–	–	4,42
F <sub>1</sub> Казбек	–	6,60	3,35	–	–	4,97
F <sub>1</sub> Эривань	–	4,56	3,27	–	–	3,92
F <sub>1</sub> Княжич	–	3,82	4,14	–	–	3,98
F <sub>1</sub> Руза	–	4,29	5,25	–	–	4,77
F <sub>1</sub> Хризолит	–	5,06	6,25	–	–	5,65

Крупные плоды, более 100 г, сформировали сорта Веснушка, Белая ночь, Сатурн и гибриды F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим и F<sub>1</sub>Золотинка. Средней массы плоды (80 – 100 г) у сортов Ласточка, Ласочка, Флорида, Добряк, гибриды F<sub>1</sub>Леро и F<sub>1</sub>Княжич. Мелкие шпагообразные плоды у сорта Дунай и гибрида F<sub>1</sub>Терек. Масса плода у большинства сортов и гибридов перца сладкого зависит от условий выращивания. Более низкая температура в период формирования плодов способствовала завязыванию большего количества плодов и уменьшения массы плодов (табл. 5).

Таблица 5. Средняя масса плода сортов и гибридов перца сладкого, 2010–2012 гг., 2020–2021 гг.

Table 5. Fruit average mass of sweet pepper sorts and hybrids, 2010-2012, 2020-2021

Сорт, гибрид	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя
Ласточка (контроль)	91	120	63	85	83	88
Флорида	83	139	81	92	99	99
Добряк	76	96	73	–	–	81
Веснушка	130	140	112	96	100	116
Белая ночь	103	124	82	–	–	103
Верность	92	59	53	–	–	68
Тифлис	–	126	76	98	102	73
Сатурн	–	191	97	–	–	144
Дунай	–	49	30	–	–	40
Ласочка	–	–	–	87	86	87
F <sub>1</sub> Пламенный	104	123	98	–	–	108
F <sub>1</sub> Снегирек	125	132	100	102	108	113
F <sub>1</sub> Снежок	120	128	81	–	–	110
F <sub>1</sub> Леро	110	101	82	95	100	98
F <sub>1</sub> Пилигрим	145	144	112	101	104	121
F <sub>1</sub> Золотинка	150	144	108	–	–	134
F <sub>1</sub> Арагат	–	83	56	–	–	70
F <sub>1</sub> Терек	–	55	50	–	–	53
F <sub>1</sub> Казбек	–	83	48	–	–	70
F <sub>1</sub> Эривань	–	95	75	–	–	66
F <sub>1</sub> Княжич	–	113	79	–	–	96
F <sub>1</sub> Руза	–	83	68	–	–	76
F <sub>1</sub> Хризолит	–	84	65	–	–	75

Плоды перца сладкого имеют разную форму, толщину стенки, массу. Трудно объективно оценить качественные показатели. Объемный метод определения плотности кочанчиков салатного цикория, приведенный в работе Rutherford P.P. (1970), использовали для определения удельной плотности плодов перца сладкого. При определении объемной плотности приводится масса плода и объем, который определяли в мерном цилиндре с водой. Для анализа были взяты по 20 плодов.

Удельная плотность косвенно определяет толщину стенки плода. У сорта Ласточка удельная плотность 0,58 г/см<sup>3</sup>, близкие показатели у плодов сортов Белая ночь и Дунай, гибридов F<sub>1</sub>Эривань и F<sub>1</sub>Княжич. Более плотные плоды у сортов Ласочка – 0,62 г/см<sup>3</sup>, Флорида – 0,68 г/см<sup>3</sup>, Добряк – 0,64 г/см<sup>3</sup> и гибрида F<sub>1</sub>Руза – 0,65 г/см<sup>3</sup>. Плотность плодов от 0,50 до 0,55 г/см<sup>3</sup> – у сортов Веснушка и Тифлис, гибридов F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Хризолит.

Тонкая стенка плода у сорта Верность, удельная плотность – 0,48 г/см<sup>3</sup>, гибридов F<sub>1</sub>Пилигрим – 0,46 г/см<sup>3</sup>, F<sub>1</sub>Золотинка – 0,45 г/см<sup>3</sup>, F<sub>1</sub>Терек – 0,48 г/см<sup>3</sup>, F<sub>1</sub>Казбек – 0,44 г/см<sup>3</sup> (табл. 6).

Таблица 6. Определение удельной массы плода сортов и гибридов перца сладкого, 2010-2012 гг., 2020-2021 гг.

Table 6. Determining of unit weight of sweet pepper fruit for sorts and hybrids, 2010-2012, 2020-2021

Сорт, гибрид	Масса плода, г	Объем плода, см <sup>2</sup>	Удельная плотность, г/см <sup>3</sup>
Ласточка	58-102	100-160	0,58+ -0,02
Флорида	90-132	140-200	0,68+-0,05
Добряк	98-118	150-180	0,64+-0,01
Веснушка	122-170	235-315	0,52+-0,02
Белая ночь	86-114	150-220	0,54+-0,03
Верность	52-74	120-150	0,48+-0,02
Тифлис	78-120	150-240	0,52+-0,01
Сатурн	142-166	290-350	0,48+-0,01
Дунай	38-48	75-80	0,55+-0,04
Ласочка	70-90	115-130	0,62+-0,02
F <sub>1</sub> Пламенный	108-142	220-300	0,50+-0,01
F <sub>1</sub> Снегирек	100-180	196-350	0,51+-0,02
F <sub>1</sub> Снежок	104-144	200-240	0,52+-0,06
F <sub>1</sub> Леро	78 - 88	150-160	0,52+-0,02
F <sub>1</sub> Пилигрим	116-138	240-300	0,46+-0,02
F <sub>1</sub> Золотинка	154-202	350-440	0,45+-0,01
F <sub>1</sub> Арарат	58-110	125-240	0,51+-0,02
F <sub>1</sub> Терек	50-57	104-124	0,48+-0,01
F <sub>1</sub> Казбек	62-76	140-160	0,44+-0,02
F <sub>1</sub> Эривань	100-126	200-235	0,54--0,01
F <sub>1</sub> Княжич	100-130	185-240	0,54+-0,01
F <sub>1</sub> Руза	82-94	156-145	0,65+-0,02
F <sub>1</sub> Хризолит	88-152	190-300	0,52+-0,02

**Выводы.** На основании проведенных исследований выявлено:

1. Высокими адаптационными свойствами отличились сорта Ласточка, Ласочка, Добряк, Веснушка, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Арарат, F<sub>1</sub>Хризолит.

2. Урожайность выше контроля сформировали: сорт Ласочка – 5,83 кг/м<sup>2</sup>, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный – 6,16 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Снегирек – 7,51 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Снежок – 6,05 кг/м<sup>2</sup>, F<sub>1</sub>Леро – 6,77 кг/м<sup>2</sup>.

3. Крупные плоды, превышающие 100 г, были у сортов Веснушка, Сатурн, гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка.

4. К ультраскороспелым относятся сорта Верность и Ласочка и гибриды F<sub>1</sub>Арарат и F<sub>1</sub>Руза, скороспелым – от 50 до 70 %: сорта Ласточка, Добряк, Веснушка, Белая ночь, Дунай, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Леро, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Казбек, F<sub>1</sub>Эривань, F<sub>1</sub>Княжич, F<sub>1</sub>Хризолит, среднеспелым – от 30 до 50 %: сорт Флорида и гибриды F<sub>1</sub>Снегирек и F<sub>1</sub>Золотинка, позднеспелым – менее 30 %: сорт Сатурн.

5. Отмечена значительная зависимость урожайности и массы плодов от условий выращивания у сортов Флорида, Белая ночь, гибридов F<sub>1</sub>Снежок, F<sub>1</sub>Пилигрим, F<sub>1</sub>Золотинка.

6. В условиях жаркого лета 2010 г. с превышением температуры от 2,8<sup>0</sup>С до 8,5<sup>0</sup>С наиболее высокая урожайность была у гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Пилигрим и F<sub>1</sub>Золотинка. Ниже контроля была урожайность у сортов Флорида, Верность и гибридов F<sub>1</sub>Пламенный и F<sub>1</sub>Леро.

7. Наиболее плотные плоды были у сортов Флорида, Добряк и Ласочка и гибрида F<sub>1</sub>Руза.

8. По содержанию аскорбиновой кислоты выделились: сорт Верность, гибриды F<sub>1</sub>Пламенный, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Руза, F<sub>1</sub>Хризолит. В годы с невысокой температурой в период вегетации (2011 и 2012 гг.) в плодах перца сладкого накапливалось больше аскорбиновой кислоты. В условиях высокой температуры 2010 г. содержание аскорбиновой кислоты снижалось.

9. Наиболее высокое содержание каротина у сортов Ласочка, Тифлис, гибридов F<sub>1</sub>Снегирек, F<sub>1</sub>Арагат, F<sub>1</sub>Терек, F<sub>1</sub>Руза и F<sub>1</sub>Хризолит.

### Список источников литературы

1. Попова Д.А., Осипова Г.С. При дозаривании плодов перца сладкого их биологическая ценность увеличивается // Картофель и овощи. – 2012. – №7. – С.22.
2. Saimbhi M, Chemical constituents in mature green and red fruits of some varieties of chilli (*Capsicum annuum L.*) //Qaal. Plant, 1987, 22 –S.171–175.
3. Bai S.D.I., Chandramony D., Nayar N.K., Cenetic variability in red pepper Indian I. Agr. Sc., 1997, – P. 941–942.
4. Пивоваров В.Ф., Мамедов М.И., Пышная О.Н., Голубкина Н.А., Джос Е.И., Белавина Е.С. Содержание биологически активных веществ в плодах перца сладкого при различных условиях выращивания // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 6. – С.23–25.
5. Гладков Д.С., Волков А.А. Новые сорта перца сладкого фирмы Гавриш // Гавриш. – 2009. – № 2. – С. 2-3.
6. Бухарова А.Р., Бухаров А.Ф., Новые скороспелые сорта перца для открытого грунта и необогреваемых теплиц //Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 6. – С. 53-56.
7. Антипова Н.Ю. Селекция раннеспелых сортов перца на продуктивность и качество: сб. науч. трудов по овощеводству и бахчеводству к 110-летию со дня рождения Квасникова Б.В. – М., 2009. – С. 39-40.
8. Саркисян Г.Т., Варганян И.В. Получение исходного материала перца в селекции методом биотехнологии // Овощеводство. – 2008. – Т.14. – С. 209-214.
9. Попова Д.А., Осипова Г.С. Результаты испытания гибридов перца сладкого фирмы «Гавриш» в пленочных теплицах Ленинградской области // Гавриш. – 2012. – № 2. – С. 7-9.
10. Пышная О.Н. Научное обоснование системы методов селекции и семеноводства перца сладкого и острого для средней полосы России: автореф. дис... доктора с.-х. наук. – М., 2005. – 41 с.
11. Осипова Г.С., Попова Д.А. Влияние года репродукции и условий формирования семян на рост, развитие и урожайность перца сладкого сорта Ласочка // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (65). – С. 45-51.

### References

1. Popova, D.A. and Osipova G.S. (2012), “Pri dozarivanii plodov pertsa sladkogo ikh biologicheskaya tsennost uvelichivaetsya”, *Kartofel i ovoshch*, no. 7, P.22.
2. Saimbhi, M., (1987), “Chemical constituents in mature green and red fruits of some varieties of chilli (*Capsicum annuum L.*)”, *Qaal. Plant*, 22, pp. 171-175.
3. Bai, S.D.I., Chandramony, D. and Nayar, N.K., (1997), “Cenetic variability in red pepper”, *Indian I. Agr. Sc.*, pp. 941-942.



4. Pivovarov, V.F., Mamedov, M.I., Pishnaya, O.N., Golubkina, N.A, Dzhos, E.I. and Belavina, E.S. (2009), “Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v plodakh pertsa sladkogo pri raznykh usloviyakh vyrashchivaniya”, *Doklady Rossiyskoy akademii nauk*, no. 6, pp. 23-25.
5. Gladkov, D.S. and Volkov, A.A. (2009), “Novye sorta pertsa sladkogo firmi Gavriush”, *Gavriush*, no. 2, pp. 2-3.
6. Bukharova, A.R. and Bukharov, A.F. (2008), “Novye skorospeliye sorta pertsa dlya otkrytogo grunta i neobogrevaemykh teplits”, *Bestnik Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk*, no. 6, pp. 53-56.
7. Antipova, N.YU. (2009), “Selektsiya rannospelikh sortov pertsa na produktivnost i kachestvo”, *Sb.nauch.trudov po ovoshchevodstvu i bakhchevodstvu k 110 - letiyu so dnya rozhdeniya Kvasnikova B.V.*, M., pp. 39-40.
8. Sarkitsyan, G.T. and Varganyan, I.V. (2008), “Poluchenie iskhodnogo materiala pertsa v selektsii metodom biotekhnologii”, *Sb.Ovoshchevodstvo*, t,14. pp.209-214.
9. Popova, D.A. and Osipova, G.S. (2012), “Rezultaty ispitaniya gibridov pertsa sladkogo firmi Gavriush v plenochnykh teplitsakh Leningradskoy oblasti”, *Gavriush*, no. 2, pp.7-9.
10. Pishnaya, O.N. (2005), “Nauchnoye obosnovaniye sistem metodom selektsii i semenovodstva pertsa sladkogo i ostrogo dlya sredney polosy Rossii”, Abstract of Ph.D. Doctor of Agricultural Sciences dissertation, M.
11. Osipova, G.S. and Popova, D.A. (2021), “Vliyaniye goda reproduktivnosti i usloviy formirovaniya semyan na rost, razvitiye i urozhaynost pertsa sladkogo sorta Lasochka”, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 4, no. 65, pp. 45-51.

#### Сведения об авторе

**Попова Дарья Александровна** – соискатель, агроном – консультант ООО «Петербургские Биотехнологии».

#### Information about the author

**Daria A. Popova** – applicant, agronomist – consultant «Peterburgskie Biotechnologii».

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

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

*Статья поступила в редакцию 03.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 09.03.2022 г.; принята к публикации 15.03.2022 г.*

*The article was submitted 03.01.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted after publication 15.03.2022.*

Научная статья  
УДК 634.1.03  
doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-57-65

## ОЦЕНКА СЛАБОРОСЛЫХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ В ОТВОДКОВОМ МАТОЧНИКЕ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Геннадий Парфенович Атрощенко<sup>1</sup>, Маргарита Михайловна Скрипниченко<sup>2</sup>,  
Наджибулла Асир<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; atoschenko-G.P@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0002-8501-6313>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; citron1954@mail.ru;  
<https://orcid.org/0000-0003-4838-4130>

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; najeebullah277@yahoo.com;  
<https://orcid.org/0000-0001-5516-7068>

**Реферат.** В статье представлены данные по хозяйственно-биологической оценке слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта. Исследования проведены в 2020-2021 гг. в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ). Объектами исследования являлись 9 форм слаборослых клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ: Малыш Будаговского, 54-118, 57-490, 62-223, 62-396, 64-143, 67-5(32), 70-6-8, 71-3-150. Формы подвоев 62-396, 54-118 и 57-490 ранее изучались в СПбГАУ. Остальные формы подвоев впервые испытывались в Ленинградской области. Контролем служил районированный подвой 54-118. Исследования проводили согласно общепринятой методике по садоводству «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999». Закладка отводкового маточника клоновых подвоев яблони произведена весной 2020 г. в теплице с карбонатным покрытием. Тип маточника – вертикальный. Схема посадки 0,2 x 0,5 м. Результаты фенологических наблюдений показали, что все изучаемые слаборослые клоновые подвои яблони в маточнике соответствуют сезонным ритмам развития растений и формируют отводки в условиях защищенного грунта. Наиболее высокие отводки формировали маточные кусты клоновых подвоев яблони 62-396 и 62-223. Наиболее слабое ветвление отводков отмечено у подвоев 67-5(32), 71-3-150, 70-6-8 (1,0-1,2 балла). Отводки всех изучаемых клоновых подвоев характеризовались хорошо развитой корневой системой. Средняя длина корней у отводков варьировала от 21,9 см (Малыш Будаговского) до 38,1 см (64-143). Наиболее высокий выход отводков 1-го сорта (>80%) формировали маточные кусты подвоев: 62-396, 62-223, 54-118, 64-143. Выход отводков 2-го сорта варьировал от 1,7% (62-396) до 34,5% (Малыш Будаговского). Наименьший выход нестандартных отводков (<1%) отмечен у форм 62-396 и 57-490.

**Ключевые слова:** клоновые подвои яблони, отводковый маточник, фенологические фазы, высота отводков, выход отводков

**Цитирование.** Атрощенко Г.П., Скрипниченко М.М., Асир Н. Оценка слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 57-65, doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-57-65.

**ASSESSMENT OF LOW-GROWING CLONAL ROOTSTOCKS OF APPLE TREES  
AMONG THE LAYERING MOTHER PLANTS UNDER THE CONDITIONS  
OF PROTECTED GROUND****Gennady P. Atroshchenko<sup>1</sup>, Margarita M. Skripnichenko<sup>2</sup>,  
Najibulla Asir<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; atoschenko-G.P@mail.ru; [https://ORCID: 0000-0002-8501-6313](https://ORCID.org/0000-0002-8501-6313)

<sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia citron1954@mail.ru; [https://ORCID: 0000-0003-4838-4130](https://ORCID.org/0000-0003-4838-4130)

<sup>3</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Petersburgskoye shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia najeebullah277@yahoo.com; [https://ORCID: 0000-0001-5516-7068](https://ORCID.org/0000-0001-5516-7068)

**Abstract.** The article presents data on the economic and biological assessment of low-growing clonal rootstocks of apple trees among the layering mother plants under the conditions of protected ground. The studies were carried out in 2020-2021 in the educational and experimental garden of St. Petersburg State Agrarian University (SPbSAU). The objects of the study were the following 9 forms of low-growing clonal apple tree rootstocks bred at Michurinsky State Agrarian University: Malysh Budagovskogo, 54-118, 57-490, 62-223, 62-396, 64-143, 67-5(32), 70-6-8, 71-3-150. Rootstock forms 62-396, 54-118 and 57-490 had been previously studied at St. Petersburg State Agrarian University. Other forms of rootstocks were tested for the first time in the Leningrad region. The zoned rootstock 54-118 served as the control. The studies were carried out according to the generally accepted methodology for horticulture "Program and methodology for the study of variety of fruit, berry and nut crops, 1999". The laying of the layering mother plants of clonal apple rootstocks was carried out in the spring of 2020 in a carbonate-coated greenhouse. The mother plant type is vertical. Landing pattern 0.2 x 0.5 m. The results of phenological observations showed that all the studied low-growing apple clonal rootstocks among the mother plants correspond to the seasonal rhythms of plant development and form layering under conditions of protected ground. The highest layerings formed mother bushes of apple clonal rootstocks 62-396 and 62-223. The weakest branching of layering was noted for rootstocks 67-5(32), 71-3-150, 70-6-8 (1.0-1.2 points). Layerings of all studied clonal rootstocks were characterized by a well-developed root system. The average root length of layering varied from 21.9 cm (Malysh Budagovskogo) to 38.1 cm (64-143). The highest yield of layerings of the 1st grade (>80%) was formed by mother bushes of rootstocks: 63-396, 62-223, 54-118, 64-143. The yield of layerings of the 2nd grade varied from 1.7% (62-396) to 34.5% (Malysh Budagovskogo). The lowest output of non-standard layerings (<1%) was observed among forms 62-396 and 57-490.

**Keywords:** *apple clonal rootstocks, layering mother plant, phenological phases, layering height, layering output*

**Citation.** Atroshchenko, G.P., Skripnichenko, M.M. and Asir, N. (2022), "Assessment of low-growing clonal rootstocks of apple trees among the layering mother plants under the conditions of protected ground", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 57-65 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-57-65.

**Введение.** Интенсификация садоводства предусматривает использование слаборослых клоновых подвоев яблони, отличающихся достаточной зимостойкостью, засухоустойчивостью, технологичностью размножения, хорошей совместимостью с прививаемыми на них сортами [1, 2, 3].

Интенсивные сады на слаборослых клоновых подвоях скороплодны (вступают в плодоношение на 3-4-й год после посадки), имеют высокую урожайность (продуктивность деревьев повышается в 1,5-2 раза), хорошее качество плодов, удобны при уходе за кроной и сборе урожая. Капитальные вложения в таких садах возвращаются в 2-2,5 раза быстрее по сравнению с существующими экстенсивными садами. Также сокращается цикл эксплуатации интенсивного сада, что позволяет ускорить обновление технологий и сортимента [4, 5].

Сортимент слаборослых клоновых подвоев яблони ежегодно пополняется благодаря большой селекционной работе отечественных ученых в различных научных учреждениях. Но наиболее востребованы в садоводстве клоновые подвои яблони, полученные в Мичуринском ГАУ в результате многолетней селекционной работы В.И. Будаговским и его последователями. Эти подвои успешно зарекомендовали себя при создании зимостойких яблоневых садов как в России, так и в ряде зарубежных стран [6, 7, 8].

Широкая адаптивная способность этих подвоев в первую очередь обусловлена богатой наследственной структурой, сочетающей в себе свойства нескольких видов яблони, что позволяет реализовать им свой большой генетический потенциал в самых разных почвенно-климатических условиях [9].

Заслуга В.И. Будаговского и последователей его научной селекционной школы в Мичуринском ГАУ состоит в создании слаборослых клоновых подвоев яблони, имеющих достаточный уровень зимостойкости корневой системы (до  $-16^{\circ}\text{C}$ ... $-18^{\circ}\text{C}$ ). В результате создания таких подвоев появилась возможность закладки интенсивных зимостойких садов во многих регионах России [10].

Одним из главных требований, предъявляемых к новым формам слаборослых клоновых подвоев яблони при интродукции, является хорошая способность их к вегетативному размножению. Для изучения способности к размножению в учебно-опытном саду СПбГАУ в защищенном грунте был заложен отводковый маточник слаборослых клоновых подвоев яблони. Большинство форм слаборослых клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ ранее не изучалось в Ленинградской области.

**Цель исследования** – сравнительная оценка слаборослых клоновых подвоев яблони по хозяйственно-биологическим признакам в отводковом маточнике защищенного грунта.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования по оценке слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта проводили в 2020-2021 гг. в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ).

Закладка маточника клоновых подвоев яблони проведена 14 мая 2020 г. в теплице с карбонатным покрытием. Почвенный грунт высотой 25 см состоял из смеси дерновой земли и торфа.

Тип маточника – вертикальный отводковый. Схема посадки клоновых подвоев яблони – 0,5 x 0,2 м. Размер опытной делянки составлял 1 погонный метр. Повторность 3-кратная.

Глубина посадочной ямы – около 20 см. Надземную часть подвоев при посадке срезали, оставляя пенек высотой около 2 см. Влажность почвы и воздуха регулировали с помощью надземного полива. В начале июня провели некорневую подкормку препаратом Паферфол (Спидфол) Амино Марин (2,0 мл/л воды) для стимуляции отрастания корневой системы подвоев. В борьбе с яблоневой зеленой тлей использовали инсектицид Борей, СК (4 мл/10 л воды). Химическую обработку растений проводили дважды за сезон.

Первое окучивание на высоте отводков 15 см провели в конце июня органическим субстратом, состоящим из смеси перепревшего конского навоза и древесных опилок. Второе окучивание органическим субстратом провели на высоте отводков 25 см в конце августа.

Особый микроклимат в теплице поддерживали в период закалки растений, который начали проводить за 25 дней до отделения отводков (20 октября). В этот период проводили круглосуточные проветривания теплицы, если температура воздуха не опускалась ниже  $15^{\circ}\text{C}$ .

В 2021 г. осуществляли аналогичный агротехнический уход за маточником слаборослых клоновых подвоев яблони. Отделение отводков провели после полного их вызревания в конце октября.

Исследования проводили согласно общепринятой методике по садоводству «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999» [11].

В качестве клоновых подвоев яблони были испытаны 9 форм селекции Мичуринского государственного аграрного университета: Малыш Будаговского, 54-118, 57-490, 62-223, 62-396, 64-143, 67-5(32), 70-6-8, 71-3-150. По силе роста слаборослые клоновые подвои классифицировались на несколько групп: карликовые – Малыш Будаговского, 62-396; полукарликовые – 62-223, 64-143, 67-5(32), 71-3-150; среднерослые – 54-118, 57-490, 70-6-8. Клоновые подвои 62-396, 54-118 и 57-490 ранее изучались в СПбГАУ. Остальные формы подвоев впервые испытывались в Ленинградской области. Контролем служил районированный подвой 54-118.

**Результаты исследований.** В течение вегетационных периодов нами проведены наблюдения за прохождением фенологических фаз слаборослых клоновых подвоев яблони. Сравнительный анализ данных прохождения основных фенологических фаз различных клоновых подвоев яблони представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сроки прохождения фенологических фаз развития клоновых подвоев яблони в защищенном грунте (2020-2021 гг.)

Table 1. The timing of the passage of the phenological phases of the development of apple clonal rootstocks in protected ground (2020-2021)

Подвой	Начало отрастания растений		Начало корнеобразования		Массовое корнеобразование		Конец верхушечного роста побегов	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
54-118 (к)	22.05	11.05	22.07	14.07	1.08	23.07	22.09	14.09
Малыш Будаговского	22.05	13.05	22.07	16.07	3.08	27.07	21.09	16.09
57-490	22.05	13.05	19.07	12.07	31.07	25.07	23.09	14.09
62-223	22.05	12.05	24.07	15.07	5.08	28.07	28.09	17.09
62-396	22.05	12.05	22.07	15.07	2.08	25.07	28.09	16.09
64-143	22.05	12.05	18.07	10.07	27.07	21.07	30.09	14.09
67-5(32)	22.05	13.05	25.07	17.07	6.08	29.07	29.09	17.09
70-6-8	22.05	12.05	23.07	14.07	3.08	26.07	23.09	15.09
71-3-150	22.05	13.05	25.07	15.07	5.08	28.07	27.09	17.09

В 2020 г. начало отрастания маточных растений всех изучаемых слаборослых клоновых подвоев яблони произошло одновременно – 22.05. Наиболее раннее начало корнеобразования выявлено у подвоев 64-143 (18.07) и 57-490 (19.07). У остальных изучаемых подвоев начало корнеобразования зафиксировано 22-25.07. Массовое корнеобразование большинство клоновых подвоев сформировали в первой декаде августа. Конец верхушечного роста побегов у подвоев завершился в третьей декаде сентября с формированием верхушечной почки.

В 2021 г. наблюдалось более раннее начало отрастания растений по сравнению с предыдущим годом, так как маточные клоновые подвои перезимовали в теплице. Наиболее раннее начало корнеобразования наступило у подвоя 64-143 (10.07). Массовое корнеобразование у растений проходило 21-28.07. Конец верхушечного роста у побегов завершился во второй декаде сентября.

Побеги на всех маточных клоновых подвоях в годы исследований полностью вызрели в середине октября, что в дальнейшем способствовало отделению отводков.

Таким образом, результаты фенологических наблюдений показали, что все изучаемые клоновые подвои яблони в маточнике соответствуют сезонным ритмам развития растений и формируют отводки в защищенном грунте.

После отделения отводков нами проведена оценка роста и развития их надземной части. Биометрические показатели развития надземной части отводков клоновых подвоев яблони представлены в таблице 2.

Таблица 2. Биометрические показатели надземной части отводков клоновых подвоев яблони (2020-2021 гг.)

Table 2. Biometric indicators of the aerial part of cuttings of apple clonal rootstocks (2020-2021)

Подвой	Степень укоренения отводков, балл	Высота отводков, см		Степень вызревания отводков, балл	Степень ветвления отводков, балл
		2020 г.	2021 г.		
54-118 (к)	4,5	58,0	164,6	5,0	1,9
Мальш Будаговского	4,7	48,4	80,5	5,0	1,4
57-490	4,9	79,6	150,0	5,0	1,7
62-223	5,0	99,3	135,4	5,0	1,6
62-396	5,0	98,6	145,8	5,0	1,5
64-143	5,0	98,8	123,3	5,0	1,5
67-5(32)	3,9	45,5	115,8	5,0	1,0
70-6-8	4,9	54,2	110,0	5,0	1,2
71-3-150	4,2	60,2	116,7	5,0	1,1
НСР <sub>05</sub>		10,8	11,5		

Создание в теплице оптимальной влажности, теплового и воздушного режимов в зоне корнеобразования отводков является основным условием корнеобразования. Нами установлено, что степень укоренения отводков за 2 года исследований у большинства форм клоновых подвоев была достаточно высокой (4,7-5,0 балла). Наименьшая степень укоренения отводков отмечена у подвоев 67-5(32) и 71-3-150 (3,9 и 4,2 балла соответственно).

Высота отводков по годам исследований сильно варьировала. Так как маточные кусты были посажены весной 2020 г., высота отводков в этот год была значительно ниже, чем из перезимовавших маточных кустов в 2021 г. Высота отводков в 2020 г. варьировала от 45,5 см до 99,3 см в зависимости от формы подвоя. Наиболее высокие отводки сформировали клоновые подвои 62-396, 64-143, 62-223.

В 2021 г. наибольшие по высоте отводки сформировали маточные кусты клонового подвоя 54-118 (164,6 см). Наименьшей высотой характеризовались отводки подвоя Мальш Будаговского (80,5 см).

По двум годам исследований установлено, что наиболее высокие отводки формируют маточные кусты клоновых подвоев яблони 62-396, 62-223.

Общим достоинством всех изучаемых форм клоновых подвоев яблони являлось вызревание побегов к концу вегетации, которое оценили в 5 баллов.

Одним из отрицательных качеств слаборослых клоновых подвоев яблони, усложняющих проведение технологических операций в питомнике, является обрастание отводков преждевременными побегами, которое определяется биологическими способностями подвоя.

Наиболее слабым ветвлением отводков характеризовались подвои 67-5(32), 71-3-150, 70-6-8 (1,0-1,2 балла). Наиболее сильное обрастание преждевременными побегами наблюдалось на контрольном клоновом подвое 54-118 (1,9 балла).

Определение биометрических показателей корневой системы отводков проводили по двум параметрам: количеству скелетных корней, диаметр которых составляет более 2 мм, и длине корневой системы (табл. 3).

Установлено, что в 2020 г. наибольшее количество корней диаметром более 2 мм сформировали отводки подвоев 62-223 и 62-396 – 7,4 шт. В 2021 г. наибольшее количество корней сформировали отводки подвоя 62-396 – 9,8 шт. Таким образом, по двум годам исследований наибольшее количество корней формируют отводки подвоя 62-396 – 8,6 шт.

Таблица 3. Биометрические показатели корневой системы отводков клоновых подвоев яблони (2020-2021 гг.)

Table 3. Biometric indicators of the root system of cuttings of apple clonal rootstocks (2020-2021)

Подвой	Количество корней диаметром более 2 мм, шт.			Средняя длина корней, см		
	2020 г.	2021 г.	среднее по 2 годам	2020 г.	2021 г.	среднее по 2 годам
54-118 (к)	4,2	7,7	6,0	28,2	30,5	29,4
Малыш Будаговского	5,1	6,0	5,6	21,0	22,8	21,9
57-490	4,0	7,0	5,5	26,4	27,7	27,1
62-223	7,4	8,2	7,8	34,5	28,5	31,5
62-396	7,4	9,8	8,6	32,6	31,0	31,8
64-143	6,6	7,5	7,1	42,8	33,4	38,1
67-5(32)	3,0	6,0	4,5	29,2	27,0	28,1
70-6-8	5,0	6,8	5,9	30,3	29,4	29,9
71-3-150	6,2	8,0	7,1	29,0	28,5	28,8
НСР <sub>05</sub>	0,60	1,10		1,50	1,64	

В 2020-2021 гг. отводки изучаемых клоновых подвоев яблони характеризовались достаточно хорошей длиной корневой системы. Средняя длина корней у отводков варьировала от 21,9 см (Малыш Будаговского) до 38,1 см (64-143).

При оценке отводкового маточника клоновых подвоев важным показателем является определение выхода отводков первого, второго сортов и нестандартта.

Данные по выходу отводков клоновых подвоев представлены в таблице 4. Отводковый маточник клоновых подвоев яблони в 2020 г. вступил в первый год эксплуатации, поэтому выход отводков в среднем составил 1-2 шт. с маточного куста. В 2021 г., на второй год эксплуатации маточника, выход отводков увеличился и составил в среднем 2,5-3,5 шт. с 1 куста.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что наиболее высокий выход отводков 1-го сорта (>80%) имели формы подвоев: 63-396, 62-223, 54-118, 64-143. Выход отводков 2-го сорта варьировал от 1,7% (62-396) до 34,5% (Малыш Будаговского). По наибольшему выходу стандартных отводков 1-го сорта и наименьшему выходу отводков 2-го сорта лидирующее положение занимает подвой 62-396.

Наименьший выход нестандартных отводков (<1%) отмечен у форм 62-396 и 57-490. Наибольший выход нестандартных отводков (>10%) сформировали маточные кусты клоновых подвоев 67-5(32), 70-6-8, Малыш Будаговского.

Таблица 4. Выход отводков клоновых подвоев яблони (2020-2021 гг.)  
Table 4. Yield of cuttings of apple clonal rootstocks (2020-2021)

Подвой	Выход отводков, %		
	1-й сорт	2-й сорт	нестандарт
54-118 (к)	82,8	10,5	6,7
Мальш Будаговского	55,4	34,5	10,1
57-490	79,1	20,3	0,6
62-223	83,4	14,9	1,7
62-396	97,8	1,7	0,5
64-143	81,8	16,0	2,2
67-5(32)	69,4	19,1	11,5
70-6-8	70,3	19,5	10,2
71-3-150	75,5	16,4	8,1

**Выводы.** Результаты фенологических наблюдений показали, что все изучаемые клоновые подвои яблони в маточнике вертикального типа соответствуют сезонным ритмам развития растений и формируют отводки в защищенном грунте. Наиболее высокие отводки формируют маточные кусты клоновых подвоев яблони 62-396 и 62-223. Наиболее слабое ветвление отводков отмечено у подвоев 67-5(32), 71-3-150, 70-6-8 (1,0-1,2 балла). Отводки всех изучаемых клоновых подвоев характеризуются хорошо развитой корневой системой. Наиболее высокий выход отводков 1-го сорта (>80%) формируют маточные кусты подвоев: 63-396, 62-223, 54-118, 64-143.

#### Список источников литературы

1. Муханин В.Г., Муханин И.В., Григорьева Л.В. О проблемах перевода отечественного садоводства на интенсивный путь // Садоводство и виноградарство. – 2001. – № 1. – С. 2-4.
2. Нигматянов М.М., Савин Е.З. Клоновые подвои яблони на Южном Урале: матер. междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 155-летию со дня рождения И.В. Мичурина. – Мичуринск, 2010. – С. 238-246.
3. Соломатин Н.М., Папихин Р.В., Зуева И.М. и др. Актуальные проблемы интенсификации плодородия в современных условиях: матер. междунар. науч.-практ. конференции. – Самохваловичи, 2013. – С. 130-133.
4. Потапов В.И., Ульянищев А.С., Крысанов Ю.В. и др. Слаборослый интенсивный сад. – М: Росагропромиздат, 1991. – 221 с.
5. Трунов Ю.В., Самощенко Е.Г., Дорошенко Т.И. и др. Плодоводство. – М.: КолосС, 2012. – С. 311-324.
6. Верзилин А.В., Верзилина Н.В. Селекция зимостойких слаборослых клоновых подвоев яблони в Мичуринском государственном аграрном университете // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И. В. Мичурина (1931-2001 гг.). – Тамбов: Издательство ГТТУ, 2001. – Т. 1. – С. 224-228.
7. Univer N., Univer T., Tiirmaa K. Effect of Rootstocks on Growth and Yield of Four Apple Cultivars in Young Orchard // Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. – Baitae. – 2006. – No 25 (3). – Pp. 192-198.
8. Wrona D., Sadowski A. Comparison of 18 rootstocks for apple tree cv. Elise in V. planting system // Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. – Baitae. – 2006. – No 25 (3). – Pp. 144-150.
9. Будаговский В.И. Отдаленная гибридизация при селекции подвоев яблони // Селекция и технология выращивания плодовых культур: Научные труды ВАСХНИЛ. – М: Колос, 1978. – С. 84-88.
10. Соломатин Н.М., Трунов Ю.В. Селекция зимостойких клоновых подвоев яблони в МичГАУ// Актуальные проблемы садоводства в России и пути их решения: матер. Всерос. науч.-метод. конференц. мол. ученых. – Орел: ВНИИСПК, 2007. – С. 105-108.



11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.

### References

1. Mukhanin, V.G., Mukhanin, I.V. and Grigoryeva, L.V. (2001), “On the problems of translating Russian gardening on an intensive path”, *Horticulture and viticulture*. no. 1. pp. 2-4.
2. Nigmatyanov, M.M. and, Savin, E.Z. (2010), “Clonal rootstocks of apple trees in the Southern Urals”, *mater. International scientific-practical. conference dedicated to the 155th anniversary of the birth of I.V. Michurin*, Michurinsk-science city of the Russian Federation, pp. 238-246.
3. Solomatin N.M., Papikhin R.V., Zueva I.M. etc. (2013), “Actual problems of intensification fruit growing in modern conditions”, *mater. intl. scientific-practical. conference*, Samokhvalovichi, pp. 130-133.
4. Potapov V.I., Ulyanishchev A.S., Krysanov Yu.V. and others. (1991), “Low-growing intensive garden”, M: Rosagropromizdat. P. 221.
5. Trunov Yu.V., Samoshchenkov E.G., Doroshenko T.I. etc. (2012). *Fruit growing*. - M: KolosS. – pp. 311-324.
6. Verzilin, A.V. and Verzilina, N.V. (2001), “Selection of winter-hardy low-growing clonal rootstocks apple trees at the Michurinsk State Agrarian University”, *Main results and prospects for scientific research VNIIS I. V. Michurina (1931-2001)*, Tambov: GTTU Publishing House, vol. 1, pp. 224-228.
7. Univer, N., Univer, T. and Tiirmaa, K. (2006), “Effect of Rootstocks on Growth and Yield of Four Apple Cultivars in Young Orchard”, *Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture*, Baptae, vol. 25 no. 3, pp. 192-198.
8. Wrona, D. and Sadowski, A. (2006), “Comparison of 18 rootstocks for apple tree cv. Elise in V. planting system”, *Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture*, Baptae, no. 25 (3), pp. 144-150.
9. Budagovsky, V.I. (1978), “Remote hybridization in the selection of apple rootstocks”, *Breeding technology of growing fruit crops*, Scientific works of VASKhNIL, M: Kolos, pp. 84-88.
10. Solomatin, N.M. and Trunov, Yu.V. (2007), “Selection of winter-hardy clonal rootstocks of apple trees in MichGAU”, *Actual problems of horticulture in Russia and ways to solve them: mater. Vseross. scientific-methodical. conference. they say scientists*, Eagle: VNIISPK, pp. 105-108.
11. Ed.Sedov, E.N. and Ogolcova, T.P. (1999), “Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops”, Eagle: VNIISPK. P. 606.

### Сведения об авторах

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

**Скрипниченко Маргарита Михайловна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6912-0824.

**Асир Наджибулла** – аспирант кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

### Information about authors

**Gennady P. Atroshchenko** – Doctor 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: 2888-0642.

**Margarita M. Skripnichenko** – 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: 6912-0824.

**Najibulla Asir** – postgraduate student of the department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, 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 study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

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

*Статья поступила в редакцию 15.02.2022 г.; одобрена после рецензирования 10.03.2022 г.; принята к публикации 17.03.2022 г.*

*The article was submitted 15.02.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted after publication 17.03.2022.*

Научная статья

УДК 633.161

doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-65-78

## НАСЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ЯЧМЕНЯ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Парвиз Улкер оглы Фатуллаев<sup>1</sup>, Анатолий Михайлович Спиридонов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт Биоресурсов Нахичеванского отделения НАН Азербайджана,  
ул. Бабек, 10, г. Нахичевань, Аз. - 7000, Азербайджан; p\_fatullaev@mail.ru;

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

**Реферат.** В Нахичеванской Автономной Республике Азербайджана среди зерновых культур особая роль принадлежит ячменю. Он используется в качестве продовольственной и кормовой культуры. Важнейшее значение при возделывании ячменя на богаре имеет сорт и его сортовые особенности, позволяющие в условиях недостаточного увлажнения формировать высокий урожай зерна. Создание засухоустойчивых и высокопродуктивных сортов ячменя для богарного земледелия Автономной Республики является важнейшей задачей селекции, успешное решение которой невозможно без привлечения обширного генофонда мировой коллекции и правильного подбора родительских форм для скрещивания. Исследования по селекционной оценке сортов, гибридных форм и линий и пригодности использования их в качестве родительских форм при скрещивании и выведении новых сортов проводили в Институте Биоресурсов. Целью исследований было изучение и выявление образцов ячменя по комплексу хозяйственно-ценных признаков и выделение наиболее ценных из них в качестве исходного материала для селекции сортов на засухоустойчивость. В задачи исследований входило установить характер наследования важнейших селекционных признаков и получить новый исходный материал для дальнейшей работы по ячменю. Проводилась оценка по фенологическим признакам растения и урожая зерна, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию, биохимическим показателям качества зерна. Проведённые исследования

позволили выделить ряд гибридных форм и линий ячменя, рекомендуемых для использования в селекции при выведении новых урожайных и засухоустойчивых сортов ячменя.

**Ключевые слова:** ячмень озимый, сорта, гибриды, линии, скрещивание, селекционная оценка

**Цитирование.** Фатуллаев П.У., Спиридонов А.М. Наследование селекционных признаков ячменя при гибридизации в условиях Нахичеванской Автономной Республики // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – №1 (66). – С. 65-78, doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-65-78.

## INHERITANCE OF BARLEY BREEDING TRAITS DURING HYBRIDIZATION UNDER THE CONDITIONS OF THE NAKHICHEVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Parviz U. Fatullaev<sup>1</sup>, Anatoly M. Spiridonov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Bioresources of the Nakhichevan Branch of the NAS of Azerbaijan, Babek str., 10, Nakhichevan, Az. - 7000, Azerbaijan; (p\_fatullaev@mail.ru);

<sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe Shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; (anatolij-spiridonov@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-1452-6698>

**Abstract.** In the Nakhichevan Autonomous Republic of Azerbaijan, barley is of particular importance among grain crops. It is used as a food and fodder crop. The variety and its varietal features are of great importance in the cultivation of barley on the bogar, they make it possible to form a high grain yield in conditions of insufficient moisture. The creation of drought-resistant and highly productive barley varieties for rain-fed agriculture of the Autonomous Republic is the most important task of breeding, the successful solution of which is impossible without the involvement of an extensive gene pool of the world collection and the correct selection of parental forms for crossing. Studies on the selection evaluation of varieties, hybrid forms and lines and the suitability of using them as parent forms when crossing and breeding new varieties were carried out at the Institute of Bioresources. The purpose of the research was to study and identify samples of barley according to a complex of economically valuable traits and select the most valuable of them as a starting material for breeding drought resistant varieties. The research objectives were to establish the inheritance nature of the most important breeding traits and to obtain new source material for further work on barley. The assessment was carried out according to the phenological characteristics of the plant and grain harvest, drought resistance, lodging resistance, biochemical indicators of grain quality. The conducted research allowed us to identify a number of hybrid forms and lines of barley recommended for use in selection when breeding new high-yielding and drought-resistant varieties of barley.

**Keywords:** winter barley, varieties, hybrids, lines, crossing, breeding evaluation

**Citation.** Fatullaev, P.U. and Spiridonov, A.M. (2022), “Inheritance of barley breeding traits during hybridization under the conditions of the Nakhichevan Autonomous Republic”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 65-78 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-65-78.

**Введение.** Одним из важнейших путей развития и достижения высоких результатов в отрасли растениеводства является создание и внедрение в производство качественно новых сортов зерновых культур, обладающих высокой урожайностью в сочетании с высоким качеством зерна и устойчивостью к неблагоприятным условиям внешней среды. В Нахичеванской Автономной Республике, наряду с озимой пшеницей, немаловажная роль принадлежит озимому ячменю. Ячмень является ведущей зернофуражной культурой и занимает второе место по посевным площадям и валовому сбору зерна после озимой

пшеницы. Благодаря своей высокой биологической пластичности эта культура в Автономной Республике возделывается во всех почвенно-климатических зонах и выращивается как на богаре, так и на орошаемых землях. Зерно ячменя в Автономной Республике используется в основном для фуражных целей.

**Цель исследования** – изучение и выявление образцов ячменя по комплексу хозяйственно-ценных признаков и выделение наиболее ценных из них в качестве исходного материала для селекции сортов на засухоустойчивость. В задачи исследований входило: установить характер наследования важнейших селекционных признаков и получить новый исходный материал для дальнейшей работы по ячменю. Создание засухоустойчивых и высокопродуктивных сортов ячменя для богарного земледелия Автономной Республики является важнейшей задачей селекции, успешное решение которой невозможно без привлечения обширного генофонда мировой коллекции и правильного подбора родительских форм для скрещивания.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Отобранные нами родительские формы принадлежат к различным экологическим группам. Из районированных сортов для скрещивания привлечены наиболее распространенные в автономной республике сорта Nakhchvan dani и Qilchqli-85. Среди образцов иностранного происхождения следует отметить Carbo (ICARDA), Alanda-01 (ICARDA), Rihane-03, Araz (ICARDA), Pamir-149. Все образцы, взятые для гибридизации, являются высокоурожайными, обладают рядом положительных признаков и свойств, а также характеризуются средней и высокой засухоустойчивостью (табл. 1). Скрещивание было проведено в 58 комбинациях, из них 14 – обратных (табл. 2).

Таблица 1. Основные селекционные признаки у родительских форм при гибридизации в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2018-2020 гг.  
Table 1. The main breeding characteristics of parental forms during hybridization in the conditions of the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2018-2020.

Родительские формы	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, баллов	Белок, %	Лизин, %	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>
Nakhchvan dani	178	124,0	5	12,5	3,3	39,1	325
Qilchqli-85	175	96,8	6	12,4	3,5	36,4	430
İBCB-WT N 119	177	100,0	8	12,7	3,2	40,0	667
Carbo (ICARDA)	172	96,3	8	12,1	3,0	38,0	797
Pamir-168	168	91,0	8	14,0	3,2	36,2	683
Bulbul (ICARDA)	171	98,0	8	13,3	2,9	43,7	627
MIRON-87	174	96,0	6	12,5	3,7	34,0	550
Radical	173	95,0	8	14,4	3,2	36,7	753
Rihane-03	172	107,0	7	13,6	3,1	37,6	770
Pamir-149	176	100,0	8	13,6	2,9	42,0	746
Carino (IRON-MRA)	172	101	6	13,6	3,2	37,2	637
Aday-5 IBSP-W	172	98,7	7	14,1	3,1	40,0	550
CWB-117-77	179	98,6	8	12,4	3,4	36,1	717
Araz (ICARDA)	175	90,3	7	12,2	3,4	37,0	757
Salmas (IBSP_W)	175	114,9	6	11,4	3,4	44,7	596
Narcis/k-201-3-2	174	98,8	7	13,5	3,1	32,8	547
Moroceo	176	93,1	7	13,4	2,7	35,0	753
İBON-WT-48	170	106,4	6	12,7	2,9	42,2	603
S-331	168	94,3	7	15,2	3,1	31,7	500
HCP <sub>05</sub>							95
S <sub>x</sub> 3,6 %							

Посевы осуществляли вручную, по 300 всхожих семян на 1 м<sup>2</sup> в оптимальные для данной зоны сроки, то есть в третьей декаде октября. Фенологические наблюдения, учеты и анализы элементов структуры урожая проводили, руководствуясь «Методическими указаниями по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [1]. Степень доминирования (hp) количественных признаков гибридами F<sub>1</sub> рассчитывали по формуле, предложенной Г.М. Бейлом и Р.Е. Актинсом (1965):  $hp = \frac{F - mp}{P_l - mp}$ , где hp – степень доминирования; F – средняя арифметическая гибрида; mp – средняя арифметическая обоих родителей; P<sub>л</sub> – средняя арифметическая родителя с наиболее развитым признаком.

По методике Г.М. Бейла и Р.Е. Актинса дана количественная классификация. Доминирования в связи с величиной: hp = 0 – доминирование отсутствует; hp = 1,0 – полное доминирование; hp > 1,0 – сверхдоминирование; hp < 1,0 – депрессия; -0,5 < hp < 0,5 – промежуточное наследование; 0,5 < hp < 1 – частичное доминирование.

Таблица 2. Объем скрещиваний и завязываемость гибридных зерен в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара, 2018-2020 гг.)

Table 2. The volume of crosses and the binding of hybrid grains in the conditions of the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara, 2018-2020)

Наименование комбинаций	Прямые скрещивания			Обратные скрещивания		
	количество			количество		
	Кастрированы х цветков, шт.	Завязывающих я зерен, шт.	Завязываемость зерен, %	Кастрированы х цветков, шт.	Завязывающих я зерен, шт.	Завязываемость зерен, %
Qilchqli-85 x İBCB-WT N 119	78	47	60,3	73	30	41,1
Qilchqli-85 x Carbo (ICARDA)	58	36	62,1	63	40	63,5
Qilchqli-85 x Bulbul (ICARDA)	76	51	67,1	75	43	57,3
Qilchqli-85 x MIRON-87	78	50	64,1	75	30	40,0
Qilchqli-85 x Radical	77	51	66,2	75	34	45,3
İBCB-WT N 119 x MIRON-87	74	51	68,9	75	39	52,0
İBCB-WT N 119 x Bulbul (ICARDA)	77	36	46,8	75	43	57,3
İBCB-WT N 119 x Rihane-03	88	61	69,3	116	79	68,1
İBCB-WT N 119 x Carbo (ICARDA)	75	43	57,3	75	43	57,3
Pamir-168 x Pamir-149	80	67	83,8	72	50	69,4
Pamir-168 x MIRON-87	78	37	47,4	74	39	52,7
Nakhchvan dani x CWB-117-77	74	36	48,6	62	36	58,1
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	75	55	73,3	75	32	42,7
Nakhchvan dani x Salmas (IBSP_W)	80	27	33,8	80	24	30,0
Carino (IRON-MRA) x İBCB-WT N 119	84	41	48,8	-	-	-
Aday-5 IBSP-W x İBCB-WT N 119	78	15	19,2	-	-	-

Истинный гетерозис (Г<sub>ист.</sub>) определяли по Д.С. Омарову (1975):

$$\text{Гист. \%} = \frac{F_1 - P_l}{P_l} * 100\%$$

где F<sub>1</sub> – средняя арифметическая гибрида, Г<sub>ист.</sub> % – истинный гетерозис, P – средняя арифметическая родителя с наиболее развитым признаком. Оценка образцов по содержанию белка и лизина проведена в лаборатории зерновых, бобовых и технических культур Института Биоресурсов Нахичеванского отделения НАН Азербайджана. Для определения белка в зерне ячменя использовали инфракрасный анализатор СПЕКТРАН-119 М. Статистический анализ экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы Excel 2016.

**Результаты исследований.** Фертильность цветков в прямых и обратных скрещиваниях в среднем колебалась от 19,2 до 83,8%. Высокая завязываемость (70,0-8,1%) гибридных зерен наблюдалась в комбинациях PAMIR-168 x Pamir-149, Nakhchvan dani x Araz (ICARDA), İBCB-WT N 119 x Rihane-03. Нами установлено, что когда в качестве материнской формы берутся местные сорта, завязываемость гибридных зерен относительно выше, чем в обратных комбинациях.

*Наследование селекционных признаков.* Нами был изучен характер наследования основных селекционных признаков, таких как продолжительность вегетационного периода, высота растений, продуктивная кустистость, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен и масса зерна с одного растения.

*Продолжительность вегетационного периода.* Вегетационный период является одним из важнейших показателей сорта, особенно на богаре, где он в некоторой степени влияет на засухоустойчивость. Имеющиеся в литературе данные по изучению наследования продолжительности вегетационного периода носят противоречивый характер. Некоторые исследователи считают, что в первом поколении у гибридов ячменя этот признак наследуется по типу доминирования и сверхдоминирования [2; 3]. Некоторые исследователи отмечают преобладание промежуточного наследования раннеспелости [4; 5].

Анализ результатов 58 гибридных комбинаций показал, что раннеспелость у гибридов F<sub>1</sub> в большинстве случаев (75,9%) наследуется промежуточно, 8,8% гибридов оказались раннеспелыми или были на уровне раннеспелого родителя, 12,1% гибридов созревали позднее позднеспелого родителя или были на его уровне, частичное доминирование отмечалось у 5,2% гибридов. Гибриды, полученные от комбинаций Qilchqli-85 x Miron-87, Miron-87 x Qilchqli-85, Nakhchvan dani x CWB-117-77, x CWB-117-77 x Nakhchvan dani, Nakhchvan dani x Araz (ICARDA), Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani, созревали одновременно со скороспелой родительской формой или оказались более скороспелыми, чем скороспелый родитель (табл. 3).

Таблица 3. Наследование длины вегетационного периода гибридами F<sub>1</sub> ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.  
Table 3. Inheritance of the length of the growing season by F<sub>1</sub> barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Вегетационный период, дни			hp
	♀	F <sub>1</sub>	♂	
Qilchqli-85 x İBCB-WT N 119	173	176	177	+0,5
İBCB-WT N 119 x Qilchqli-85	177	177	173	+1,5
Qilchqli-85 x Carbo (ICARDA)	173	175	170	+2,0
Carbo (ICARDA) x Qilchqli-85	170	173	173	+1,0
Qilchqli-85 x Bulbul (ICARDA)	173	174	171	+2,0
Bulbul (ICARDA) x Qilchqli-85	171	173	173	+1,0
Qilchqli-85 x Miron-87	173	171	174	+2,0
MIRON-87 x Qilchqli-85	174	173	173	0,0
MIRON-87 x Beecher	174	175	177	0,0
Beecher x MIRON-87	177	177	174	+1,0
MIRON-87 x PAMIR-168	174	173	168	+0,7
PAMIR-168 x Miron-87	168	170	174	-0,3
Nakhchvan dani x CWB-117-77	178	176	179	-2,0
CWB-117-77 x Nakhchvan dani	179	176	178	-1,0
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	178	176	176	-1,0
Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani	176	175	178	-2,0
Salmas (IBSP_W) x Nakhchvan dani	175	175	178	-1,0

Гибриды комбинаций Qilchqli-85 x Carbo (ICARDA), Qilchqli-85 x Bulbul (ICARDA) были более позднеспелыми, чем позднеспелая родительская форма. Полное доминирование

позднеспелости отмечены у гибридов İBCB-WT N 119 x Qilchqli-85, Bulbul (ICARDA) x Qilchqli-85, İBCB-WT N 119 x Miron-87. Особый интерес представляют комбинации с участием образцов Qilchqli-85 и Miron-87, у которых гибриды в обратных скрещиваниях были скороспелыми или оказались на уровне скороспелого родителя.

Нам не удалось установить четко выраженного влияния материнской формы на продолжительность вегетационного периода у гибридов F<sub>1</sub>. Гибриды от реципрокных скрещиваний в одних случаях имели такую же длину вегетационного периода, как и скороспелая родительская форма, в других они уклонялись в сторону позднеспелой родительской формы, или же превышали их по позднеспелости и скороспелости, или же занимали промежуточное положение. Во втором поколении наблюдался большой размах изменчивости этих показателей. В гибридных популяциях обнаружены как раннеспелые, так и позднеспелые формы. Однако в основном они занимали промежуточное положение. Раннеспелые формы чаще всего оказались в комбинациях с участием Miron-87 и CWB-117-77, которые могут быть рекомендованы для селекции на скороспелость.

*Высота растений.* Высота растений – важный хозяйственно-биологический признак, обеспечивающий формирование и сохранение высокого урожая, как на богаре, так и при орошении. О наследовании высоты растений в литературе имеются противоречивые мнения. Одни авторы указывают на то, что высота растений гибридами F<sub>1</sub> ячменя наследуется по типу доминирования и сверхдоминирования [6, 7]. Другие исследователи в своих опытах наблюдали рецессивный и промежуточный тип наследования [8].

В наших опытах у гибридов F<sub>1</sub> ячменя чаще всего наблюдалось сверхдоминирование (50,0%) и промежуточное наследование (27,6%) по данному признаку. А в 10,3% случаев гибриды были на уровне низкорослого родителя или уступали ему и 12,1% гибриды имели частичное доминирование.

Обращает на себя внимание тот факт, что высокорослые гибриды в большинстве случаев обнаруживаются в комбинациях, где родительские формы также являются высокорослыми. К таковым можно отнести комбинации Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani, Nakhchvan dani x Salmas (IBSP-W), Salmas (IBSP-W) x Nakhchvan dani, Nakhchvan dani x İBON-WT-48 (табл. 4).

Таблица 4. Наследование высоты растений гибридами F<sub>1</sub> ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.

Table 4. Inheritance of plant height by F<sub>1</sub> barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Высота растений, см			Г ист, %	hp
	♀	F <sub>1</sub>	♂		
İBCB-WT N 119 X Karabax -7	95,0	105,0	86,8	+10,5	+3,4
Carbo (ICARDA) X Qilchqli-85	80,3	77,0	86,8	-0,1	-2,0
Radical X Qilchqli-85	83,1	80,0	86,8	-7,8	-2,7
İBCB-WT N 119 x k-99148	95,0	105,0	88,0	+10,5	+3,8
k-99148 X İBCB-WT N 119	88,0	97,0	95,0	+2,1	-1,6
İBCB-WT N 119 X Rihane-03	95,0	108,0	90,0	+13,7	+6,2
Rihane-03 X İBCB-WT N 119	90,0	103,0	95,0	+7,3	+4,2
İBCB-WT N 119 x Bulbul (ICARDA)	95,0	104,0	88,0	+8,4	+3,0
Bulbul (ICARDA) x İBCB-WT N 119	88,0	95,0	96,0	0,0	+0,7
PAMIR-168 x Pamir-149	90,0	87,0	101,0	-13,9	-1,5
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	127,0	117,0	90,0	-7,8	+0,6
Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani	90,0	108,0	127,0	-15,0	0,0
Nakhchvan dani x Salmas (IBSP_W)	127,0	130,0	115,0	+1,6	+1,5
Salmas (IBSP_W) x Nakhchvan dani	115,0	119,0	127,0	-6,2	-0,3
Nakhchvan dani x İBON-WT-48	127,0	127,0	107,0	+0,2	+1,0
Ca 46 x Зерноград 242	87,7	88,7	83,7	+1,6	+2,1
Зерноград 242 x Ca 46	83,7	81,5	87,3	-6,6	-2,2

Продолжение таблицы 4.

Моросоо х Зерноград 242	95,6	93,4	83,7	-2,3	+0,6
Зерноград 242 х Моросоо	83,7	87,5	95,6	-8,5	-0,3
НСР <sub>05</sub>		7,9			
S <sub>x</sub> 4,1 %					

Однако следует отметить, что в отдельных комбинациях (İBCB-WT N 119 х Qilchqli-85, İBCB-WT N 119 х k-99148, İBCB-WT N 119 X Rihane-03, İBCB-WT N 119 х Bulbul (ICARDA) с участием среднерослых родительских форм, благодаря гетерозису, также появляются высокорослые гибриды. Низкорослые гибриды получены в комбинациях Carbo (ICARDA) х Qilchqli-85, PAMIR-168 х Pamir-149, Зерноград 242 х Са 46.

В наших опытах преобладающего влияния материнской формы на наследование высоты стебля не наблюдалось, хотя в отдельных случаях (İBCB-WT N 119 х Rihane-03, Rihane-03 X İBCB-WT N 119, Nakhchvan dani х Araz (ICARDA), Araz (ICARDA) х Nakhchvan dani, Nakhchvan dani х Salmas (IBSP-W), Salmas (IBSP-W) х Nakhchvan dani) это явление имело место быть.

В F<sub>2</sub> в зависимости от высоты родительских форм и гибридов F<sub>1</sub> наблюдается сложное расщепление по высоте растений. Однако средняя высота гибридов F<sub>2</sub> была близка к высоте соломины родительских форм, то есть занимала промежуточное положение. Следует отметить, что в отдельных комбинациях (Nakhchvan dani х Salmas (IBSP-W), Salmas (IBSP-W) х Nakhchvan dani), где участвовали высокорослые сорта, средняя высота растений была выше, чем родительские формы (табл. 2).

*Элементы продуктивности растений.* О наследовании продуктивной кустистости в литературе имеются различные мнения. Одни авторы [7, 10] указывают, что продуктивная кустистость наследуется по типу сверхдоминирования, другие [12, 13] считают, что для продуктивной кустистости характерны все типы наследования: от сверхдоминирования до депрессии.

В наших опытах этот признак преимущественно (69,0%) наследовался по типу сверхдоминирования, промежуточное наследование имели 27,8% гибридов и лишь у 3,2% гибридов наблюдалось частичное доминирование. Наибольший гетерозисный эффект был получен в комбинациях Qilchqli-85 х Bulbul (ICARDA), Miron-87 х Qilchqli-85, Carbo (ICARDA) х Beecher, Salmas (IBSP-W) х Nakhchvan dani, Beecher х Narcis/k-201-3-2, са 46 х Qilchqli-85, Qilchqli-85 х Aday-5 IBSP-W. Величина гетерозиса колебалась от 30,0 до 46,9% (табл. 5).

Таблица 5. Наследование продуктивной кустистости гибридами F<sub>1</sub> ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.

Table 5. Inheritance of productive bushiness by F<sub>1</sub> barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Продуктивная кустистость, шт.			Г ист. %	hp.
	♀	F <sub>1</sub>	♂		
Qilchqli-85 х İBCB-WT N 119	4,2	5,9	4,6	+28,2	+7,5
İBCB-WT N 119 х Qilchqli-85	4,6	5,8	4,2	+28,8	+7,0
Qilchqli-85 X Bulbul (ICARDA)	4,2	5,8	4,1	+38,0	+17,0
Bulbul (ICARDA) х Qilchqli-85	4,1	4,9	4,2	+16,7	+8,0
Qilchqli-85 х Miron-87	4,2	5,7	5,0	+14,0	+2,7
Miron-87 х Qilchqli-85	5,0	6,5	4,2	+30,0	+4,7
Qilchqli-85 х Radical	4,2	6,0	4,7	+27,6	+5,3
Radical х Qilchqli-85	4,7	5,7	4,2	+21,2	+3,3
İBCB-WT N 119 х Carbo (ICARDA)	4,6	6,3	4,6	+46,9	0,0
Carbo (ICARDA) х İBCB-WT N 119	4,6	6,0	4,6	+30,4	0,0



Продолжение таблицы 5.

PAMIR-168 x Miron-87	4,5	6,0	5,0	+20,0	+4,9
Miron-87 x PAMIR-168	5,0	6,7	4,5	+34,0	+6,4
Nakhchvan dani x CWB-117-77	2,5	3,3	3,2	+3,1	+1,2
CWB-117-77 x Nakhchvan dani	3,2	4,5	2,5	+40,6	+4,2
Nakhchvan dani x Salmas (IBSP_W)	2,5	3,2	2,7	+18,5	+6,0
Salmas (IBSP_W) x Nakhchvan dani	2,7	3,5	2,5	+29,6	+9,0
İBCB-WT N 119 x Narcis/k-201-3-2	4,6	6,5	5,0	+30,0	+8,5
İBCB-WT N 119 x Carino (IRON-MRA)	4,6	6,0	4,8	+25,0	+13,0
Lignee-527 x Qilchigli-85	5,8	7,5	4,2	+29,3	+3,1
Narcis/k-201-3-2 x S-331	5,0	5,2	5,6	-7,1	-0,3
Qilchigli-85 x Aday-5 IBSP-W	4,2	5,2	4,2	+23,8	0,0
CWB-117-77 x Salmas (IBSP_W)	3,2	4,7	2,7	+46,9	+6,0

Следует отметить, что гибриды от реципрокных комбинаций Qilchigli-85 x İBCB-WT N 119, İBCB-WT N 119 x Qilchigli-85, Qilchigli-85 x Bulbul (ICARDA), Bulbul (ICARDA) x Qilchigli-85, Nakhchvan dani x Salmas (IBSP-W), Salmas (IBSP\_W) x Nakhchvan dani сохранили высокий гетерозисный эффект.

*Число зерен в колосе.* В наших опытах у преобладающего большинства гибридов число зерен в колосе (79,3%) имело гетерозис, промежуточный тип наследования проявили 12,3% гибридов, частичное доминирование и депрессия отмечена у 5,2 и 3,2% гибридов соответственно. Высокая степень гетерозиса по озернённости колоса наблюдалась у гибридов F<sub>1</sub>, полученных в комбинациях Qilchigli-85 x Beecher, Beecher x Miron-87, Miron-87 x İBCB-WT N 119, Nakhchvan dani x İBON-WT-48, Моросео x Зерноград 242. Величина гетерозиса по этим комбинациям колебалась в абсолютных цифрах от 26,0 до 65,5 зёрен, что соответствует их увеличению на 9,9 – 13,5%. В комбинациях Bulbul (ICARDA) x İBCB-WT N 119, PAMIR-168 x Miron-87 гибриды уступали худшему родителю на 1,0 – 1,1 зерен (табл. 6).

Таблица 6. Наследование числа зерен в колосе гибридами F<sub>1</sub> ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.

Table 6. Inheritance of the number of grains in an ear by F<sub>1</sub> barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Число зерен в колосе, шт.			Г ист, %	hp
	♀	F <sub>1</sub>	♂		
Qilchigli-85 x İBCB-WT N 119	26,0	30,3	27,2	+11,4	+5,4
İBCB-WT N 119 x Qilchigli-85	27,2	29,2	26,0	+7,3	+3,7
Qilchigli-85 X Miron-87	26,0	30,2	27,3	+10,6	+5,1
MIRON-87 x Qilchigli-85	27,3	31,0	26,0	+13,5	+6,3
Qilchigli-85 x Radical	26,0	29,3	24,3	+12,7	+4,7
Radical x Qilchigli-85	24,3	25,2	26,0	+3,1	+0,1
İBCB-WT N 119 x Miron-87	27,2	30,4	27,3	+11,3	+32,0
Miron-87 x İBCB-WT N 119	27,3	31,0	27,2	+13,5	+38,0
İBCB-WT N 119 x Rihane-03	27,2	29,3	27,5	+6,5	+10,0
Rihane-03 x İBCB-WT N 119	27,5	30,2	27,2	+9,8	+14,5
Carbo (ICARDA) x İBCB-WT N 119	25,7	26,5	27,2	-2,6	+0,3
Bulbul (ICARDA) x İBCB-WT N 119	25,3	21,2	27,2	-11,0	-2,0
PAMIR-168 x Miron-87	27,2	26,2	27,3	-4,3	-10,0
PAMIR-168 x Pamir-149	27,2	30,2	26,3	+11,0	+6,6
CWB-117-77 x Nakhchvan dani	58,2	63,0	56,7	+8,2	+7,0
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	56,7	61,7	54,0	+8,8	+4,6
Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani	54,0	60,1	56,7	+5,8	+3,3

Продолжение таблицы 6.

Nakhchvan dani x Salmas (IBSP_W)	56,7	62,1	44,3	+9,5	+1,9
Nakhchvan dani x IBON-WT-48	56,7	65,5	45,3	+15,5	+0,3
Могоseo x Зерноград 242	26,3	28,9	23,5	+9,9	+2,8
НСП <sub>05</sub>		0,6			
S <sub>x</sub> 2,9 %					

Наши исследования в условиях осеннего сева согласуются с литературными данными о проявлении гетерозиса у гибридов F<sub>2</sub> в отношении массы 1000 зёрен [9, 12, 14]. У большинства комбинаций (56,9%) крупность зерна наследовалась по типу сверхдоминирования, промежуточное наследование имели 22,4% гибридов, полное и частичное доминирование имели, соответственно, 5,2 и 15,5% гибридов.

Сравнительно высокий уровень гетерозиса (6,3-9,4%) наблюдался у гибридов в комбинациях IBСВ-WT N 119 x Carbo (ICARDA), IBСВ-WT N 119 x Rihane-03, Bulbul (ICARDA) x IBСВ-WT N 119, Salmas (IBSP\_W) x Nakhchvan dani, Aday-5 IBSP-W x IBСВ-WT N 119, Nakhchvan dani x IBON-WT- 48 (табл. 7).

Таблица 7. Наследование массы 1000 зерен гибридами F<sub>1</sub> ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.

Table 7. Inheritance of 1000 grain weight by F<sub>1</sub> barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Масса 1000 зерен, г			Г ист., %	hp
	♀	F <sub>1</sub>	♂		
Qilchigli-85 x IBСВ-WT N 119	36,5	38,2	40,3	-5,2	-0,1
IBСВ-WT N 119 x Qilchigli-85	40,3	42,7	36,5	+5,9	+2,3
Qilchigli-85 X Bulbul (ICARDA)	36,5	39,8	43,4	-1,3	0,0
Bulbul (ICARDA) x Qilchigli-85	43,4	45,7	36,5	+5,3	+1,7
IBСВ-WT N 119 x Miron-87	40,3	42,7	35,3	+5,9	+2,0
Miron-87 x IBСВ-WT N 119	35,3	33,2	40,3	-2,7	+0,6
IBСВ-WT N 119 x Rihane-03	40,3	43,7	36,7	+8,4	+2,4
IBСВ-WT N 119 x Carbo (ICARDA)	40,3	44,1	37,9	+9,4	+4,2
IBСВ-WT N 119 x Bulbul (ICARDA)	40,3	45,2	43,4	+4,1	+2,1
Bulbul (ICARDA) x IBСВ-WT N 119	43,4	47,4	40,3	+9,1	+3,5
PAMIR-168 x Pamir-149	36,2	40,4	44,1	-8,4	+0,7
Pamir-149 x PAMIR-168	44,1	46,7	36,2	+5,9	+1,6
Nakhchvan dani x CWB-117-77	38,3	40,7	35,2	+6,3	+2,5
CWB-117-77 x Nakhchvan dani	35,2	37,9	38,3	-1,7	+0,7
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	38,3	40,3	36,0	+5,2	+2,7
Nakhchvan dani x Salmas (IBSP_W)	38,3	40,7	42,2	-3,5	+0,2
Salmas (IBSP_W) x Nakhchvan dani	42,2	45,3	38,3	+7,3	+2,5
Aday-5 IBSP-W x IBСВ-WT N 119	41,3	44,4	40,3	+7,5	+7,2
Nakhchvan dani x IBON-WT-48	38,3	41,3	36,5	+7,8	+4,3
Lignee-527 x Зерноград 242	33,5	35,5	32,7	+5,9	+6,0
Зерноград 242 x Lignee-527	32,7	33,2	33,5	-0,9	+0,2
НСП <sub>05</sub>		3,7			
S <sub>x</sub> 3,5 %					

В реципрокных скрещиваниях гибриды ведут себя по-разному. Так, в комбинации Qilchigli-85 x IBСВ-WT N 119 гибриды имели промежуточное наследование, а в обратном – сверхдоминирование. Такое же явление можно наблюдать в комбинациях Qilchigli-85 x Bulbul (ICARDA), Bulbul (ICARDA) x Qilchigli-85, IBСВ-WT N119 x Miron-87, Miron-87 x IBСВ-WT N119, Nakhchvan dani x Salmas (IBSP-W), Salmas (IBSP-W) x Nakhchvan dani.

Масса зерна с одного растения является одним из главнейших признаков, характеризующих селекционную ценность гибрида. При изучении наследования массы зерна с одного растения ряд авторов указывают на проявление гетерозиса [10, 11]. По мнению Д.С. Омарова [12], чаще всего гетерозис проявляется у тех гибридов, родительские формы которых относятся к различным эколого-географическим группам.

В наших опытах продуктивность растений в большинстве случаев (72,4%) наследовалась по типу сверхдоминирования, в меньшей степени (3,8%) отмечается промежуточное наследование. Полное и не полное доминирование были у 6,9 и 5,2% гибридов. Наибольшим гетерозисом (40,9-52,3%) обладают гибридные комбинации  $\dot{I}BCB-WT N 119 \times Qilchigli-85$ ,  $Qilchigli-85 \times Bulbul (ICARDA)$ ,  $\dot{I}BCB-WT N 119 \times Carino (IRON-MRA)$ ,  $Radical \times Narcis/k-201-3-2$ ,  $S-331 \times Narcis/k-201-3-2$  (табл. 8).

Таблица 8. Наследование массы зерна с одного растения гибридами  $F_1$  ячменя в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2019 г.  
Table 8. Inheritance of grain weight from one plant by  $F_1$  barley hybrids in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2019

Комбинация скрещиваний	Масса зерна с одного растения, г			$\Gamma_{\text{гет.}}$ , %	hp
	♀	$F_1$	♂		
$Qilchigli-85 \times \dot{I}BCB-WT N 119$	3,8	6,5	4,9	+32,6	+3,7
$\dot{I}BCB-WT N 119 \times Qilchigli-85$	4,9	7,0	3,8	+42,8	+4,5
$Qilchigli-85 \times Carbo (ICARDA)$	3,8	5,0	4,1	+21,9	+5,5
$Carbo (ICARDA) \times Qilchigli-85$	4,1	5,3	3,6	+29,2	+7,0
$Qilchigli-85 \times Bulbul (ICARDA)$	3,8	6,4	4,5	+42,2	+5,7
$Bulbul (ICARDA) \times Qilchigli-85$	4,5	5,4	3,8	+20,0	+3,2
$Qilchigli-85 \times Radical$	3,8	5,4	4,2	+28,6	+7,0
$Radical \times Qilchigli-85$	4,2	5,1	3,8	+21,4	+5,5
$\dot{I}BCB-WT N 119 \times Miron-87$	4,9	4,2	5,0	-16,0	-7,0
$Miron-87 \times \dot{I}BCB-WT N 119$	5,0	4,9	4,9	-2,0	0,0
$PAMIR-168 \times Miron-87$	4,0	6,0	5,0	+20,0	+3,0
$Miron-87 \times PAMIR-168$	4,0	4,0	4,6	-13,0	-1,0
$Nakhchvan dani \times \dot{I}BON-WT-48$	5,5	5,5	6,4	-14,0	-0,8
$Nakhchvan dani \times Salmas (IBSP\_W)$	5,5	8,0	5,1	+45,4	+13,5
$Salmas (IBSP\_W) \times Nakhchvan dani$	5,1	7,0	5,5	+27,2	+8,5
$Carino (IRON-MRA) \times \dot{I}BCB-WT N 119$	3,8	4,9	4,9	0,0	+1,0
$Зерноград 242 \times Lignee-527$	4,4	6,7	3,1	+52,3	+5,0
$Моросоо \times Зерноград 242$	5,7	4,0	3,1	-29,0	+1,5
$\dot{I}BCB-WT N 119 \times Carino (IRON-MRA)$	4,9	7,2	4,3	+46,9	+9,0
$Radical \times Narcis/k-201-3-2$	4,2	6,2	4,0	+59,5	+2,6
$S-331 \times Narcis/k-201-3-2$	4,4	6,2	4,0	+40,9	+10,0
HCP <sub>05</sub>		1,8			
$S_x$ 3,9 %					

Особый интерес представляют гибридные комбинации, показывающие гетерозисный эффект как в прямых, так и в обратных скрещиваниях. К таким следует отнести  $Qilchigli-85 \times \dot{I}BCB-WT N 119$ ,  $\dot{I}BCB-WT N 119 \times Qilchigli-85$ ,  $Qilchigli-85 \times Radical$ ,  $Radical \times Qilchigli-85$ ,  $PAMIR-168 \times Miron-87$ ,  $Miron-87 \times \dot{I}BCB-WT N 119$ ,  $Nakhchvan dani \times Salmas (IBSP\_W)$ ,  $Salmas (IBSP\_W) \times Nakhchvan dani$ .

В популяциях гибридов  $F_2$  отмечен широкий размах значений по степени выраженности количественных признаков продуктивности. По средним данным наблюдается резкое падение гетерозиса в результате снижения гетерозиготности этого поколения, хотя в

ряде случаев наблюдается гетерозис в связи с расщеплением растений и появлением новых, более продуктивных форм (табл. 9).

Таблица 9. Характеристика гибридов F<sub>2</sub> ячменя по элементам продуктивности в условиях Нахичеванской Автономной Республики (богара), 2020 г.  
Table 9. Characteristics of F<sub>2</sub> barley hybrids by productivity elements in the Nakhichevan Autonomous Republic (Bogara), 2020

Родитель, гибрид	Продуктивная кустистость, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса, г	
			1000 зерен	Зерна с одного растения
Qilchqli-85	4,3	26,4	37,0	4,2
Qilchqli-85 x İBCB-WT N 119	5,0	29,3	37,3	5,4
İBCB-WT N 119 x Qilchqli-85	4,8	30,2	40,2	5,8
İBCB-WT N 119	4,8	27,8	42,2	5,6
Qilchqli-85 x Carbo (ICARDA)	4,5	27,1	40,0	4,8
Carbo (ICARDA) x Qilchqli-85	5,6	25,5	39,8	5,6
Carbo (ICARDA)	4,1	26,1	31,3	3,3
Bulbul (ICARDA) x Qilchqli-85	4,8	27,7	40,3	5,3
Qilchqli-85 x Bulbul (ICARDA)	4,4	26,0	39,6	4,5
Bulbul (ICARDA)	4,2	25,7	41,3	4,4
Qilchqli-85 x Miron-87	5,3	26,9	35,0	4,9
Miron-87 x Qilchqli-85	5,0	28,5	32,5	4,6
Miron-87	5,3	27,9	33,5	4,9
Qilchqli-85 x Radical	4,7	25,0	35,5	4,1
Radical x Qilchqli-85	5,5	23,3	34,7	4,4
Radical	4,9	25,2	33,3	4,0
İBCB-WT N 119 x Rihane-03	5,3	30,2	39,8	6,6
Rihane-03 x İBCB-WT N 119	6,2	28,5	39,3	6,9
Rihane-03	6,0	28,3	38,2	6,4
İBCB-WT N 119 x Carbo (ICARDA)	4,3	27,3	40,9	4,8
Carbo (ICARDA) x İBCB-WT N 119	4,9	28,1	41,5	5,7
İBCB-WT N 119 x Bulbul (ICARDA)	5,0	26,9	42,0	5,6
Bulbul (ICARDA) x İBCB-WT N 119	4,7	26,5	40,0	4,9
Nakhchvan dani	2,7	57,3	39,0	6,0
Nakhchvan dani x Araz (ICARDA)	3,7	56,4	39,6	7,5
Araz (ICARDA) x Nakhchvan dani	4,0	56,0	38,0	8,5
Araz (ICARDA)	3,2	56,2	37,3	6,7

Выделенные нами наилучшие гибридные линии по ряду хозяйственно-ценных признаков получили дальнейшую оценку в селекционном, а лучшие из них – в контрольном питомниках.

Высокой урожайностью, засухоустойчивостью, средней рослостью и устойчивостью к полеганию характеризуются линии Qilchqli-85 x İBCB-WT N 119, İBCB-WT N 119 x Lora, PAMIR-168 x Pamir-149, Bulbul (ICARDA) x Qilchqli-85. При урожайности 30,9-35,0 ц/га они превысили стандарт на 40,4 – 59%. Примечательно, что они также созревают раньше стандарта на 3-4 дня. Линии Rihane-03 x İBCB-WT N 119, Pamir-149 x Lora, Могоseo x Зерноград 242, и Carino (IRON-MRA) x İBCB N119 характеризуются сравнительно высокой урожайностью и созревают на 5-6 дней раньше стандарта (табл. 10).

По степени засухоустойчивости все линии оказались средне- и высоко засухоустойчивыми. Все выделенные нами гибридные линии в настоящее время проходят дальнейшее изучение в условиях Нахичеванской Автономной Республики.

**Выводы.** Проведённая нами селекционная оценка различных гибридов, гибридных линий и сортов ячменя, как родительских форм для скрещивания, позволила выделить по ряду хозяйственно-ценных признаков гибридные линии, использование которых в селекции ячменя перспективно. Они являются носителями ресурсов свойств засухоустойчивости, урожайности и других ценных признаков зерна и структуры урожая.

Таблица 10. Характеристика некоторых гибридных линий, выделившихся по урожайности в контрольном питомнике

Table 10. Characteristics of some hybrid lines distinguished by yield in the control nursery

Происхождение	Вегетационный период, дн.	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Масса 1000 зерен, г	Урожай		Засухоустойчивость
					ц/га	% к St	
Nakhchvan dani ст	174	125,5	5	39,5	22,0	-	Сред.
Qilchqli-85 x İBCB-WT N 119	171	89,7	9	43,2	31,0	43,6	Выс.
Bulbul (ICARDA) x Qilchqli-85	170	94,8	9	44,7	30,9	40,4	Выс.
İBCB-WT N 119 x Lora	170	85,6	9	42,0	35,0	59,0	Выс.
PAMIR-168 x Pamir-149	170	84,3	9	43,0	33,0	50,0	Выс.
Rihane-03 x İBCB-WT N 119	169	80,5	9	39,0	31,0	40,9	Выс.
Pamir-149 x Lora	169	93,0	9	39,0	29,0	31,8	Сред.
Moroseo x Зерноград 242	168	85,0	7	38,2	28,5	29,5	Сред.
Carino (IRON-MRA) x İBCB N 119	168	87,0	9	40,0	30,5	38,6	Выс.
НСП <sub>05</sub>					2,2		
S <sub>x</sub> 4,8 %							

### Список источников литературы

1. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всероссийский науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова (ГНУ ВИР Россельхозакадемии) ; [сост.: И. Г. Лоскутов, О. Н. Ковалева, Е. В. Блинова]. – Изд. 4-е, доп. и перераб. – Санкт-Петербург: Гос. науч. учреждение Всероссийский науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова, 2012. – 63 с.
2. Исаева В.К., Джунусова М.К., Моргунов А.И. и др. Изучение гибридных комбинаций, полученных на основе выделенных засухоустойчивых форм из СИММИТ-ИКАРДА// Вестник №1 региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – Алмаата, 2002, – С. 50-53.
3. Чернова Е.В. Наследование признаков продуктивности у гибридов пленчатых и голозерных сортов ячменя: автореф. дис... канд. биол. наук. – СПб, 2008. – 17 с.
4. Павлова Н.А., Муругова Г.А., Клыков А.Г. Наследование хозяйственно ценных признаков у гибридов ярового ячменя в насыщающих скрещиваниях//Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 4 (44). – С. 29-37.
5. Иванов М. В. Формирование хозяйственно-биологических признаков ярового ячменя в процессе селекции с использованием приемов биотехнологии: автореф. дис... доктора с.-х. наук. – СПб., 1998. – С. 7-27.
6. Новрузлу Г.А. Солеустойчивые образцы ячменя как исходный материал для селекции в условиях Ширванской зоны Азербайджана: автореф. дис... канд. с.-х наук. – Баку, 1993. – 21 с.

7. Донцова А.А., Филиппов Е.Г. Изучение закономерностей наследования количественных признаков при создании нового исходного материала озимого ячменя // Научный журнал КубГАУ 2011. № 71 (07). [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/24.pdf>. (Дата обращения: 20.02.2022).
8. Нурпеисов И.А. Генетико-селекционные основы продуктивности озимой пшеницы: автореф. дис... доктора биол. наук. – Алмааты, 2000. – С. 3-44.
9. Батакова О.Б. Исходный материал для селекции ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – СПб, 2011. – 23 с.
10. Бишарев А.А., Шевченко С.Н., Мадякин Е.В. и др. Селекция ярового ячменя в Самарском НИИСХ//Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – № 2(4). – т. 19. – С. 78-92.
11. Аниськов Н.И. Селекция ярового ячменя в Западной Сибири: автореф. дис... доктора с.-х. наук. – Омск, 2009. – 35 с.
12. Омаров Д.С. Проблемы гибридизации и гетерозиса ячменя: автореф. дис... доктора биол. наук. – Л., 1969. – 57 с.
13. Максимов Р.А. Эффективные источники селекционных признаков и расширение генофонда исходного материала для создания новых сортов ячменя в условиях Среднего Урала // Селекция, семеноводство и производство зерна зернофуражных культур для обеспечения импортозамещения: материалы координ. совещания по селекции, семеноводству, технологии возделывания и переработки зернофуражных культур (27-31 июля 2015 г., Тюмень). – Тюмень: ООО «Печатник», 2015. – С. 75-79.
14. Сурин Н.А., Зобова Н.В. Совершенствование адаптивных свойств ячменя в процессе селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 6. – С. 18-24.

#### References

1. Metoditscheskie ukasanija po isutscheniju I sohraneniu mirovoi kollekcii jatschmenja i ovsa / Rossiiskaja akad. s.-h.nauk, Gos. nautsch.utschreshdenie Wserossijskij nautsch.-isslad.in-t rastenievodstva im. N.I. Vavilova (GNU VIR Rosselhosakademii); [sost.: I.G.Loskutov, O.N.Kovaleva, E. V. Blinova]. – Isd. 4-e, dop.i pererab. – Sankt-Peterburg: Gos. nautsch.utschreshdenie Wserossijskij nautsch.-isslad.in-t rastenievodstva im. N.I. Vavilova, 2012. – 63 s.
2. Isaeva V.K., Dshunusova, M.K. and Morgunov, A.I. i dr. (2002), “Usutschenie gibridnih kombinacij, polutschennih na osnove videlennih zasuhoustoitschivih form is SIMMIT-IKARDA”, *Vestnik NI regionalnoj seti po vnedreniju sortov pschenicy I semenovodstvy*. Almaata, pp.50-53.
3. Tschernova, E.V. (2008), “Nasledovanie prisnakov produktivnosti u gibridov plentschatih i golosernih sortov jatschmenja”, Abstract of D.Sc. dissertation, Candidate of Biological Sciences, SPb.
4. Pavlova, N.A., Murugova, G.A. and Klikov, A.G. (2017), “Nasledovanie hosjaistvenno cennih priznakov u gibridov jarovogo jatschmenja v nasishajushih skreshivanijah”, *Dalnevostotschnij agrarnij vestnik*, no.4(44), pp. 29-37.
5. Ivanov, M.V. (1998), “Formirovanie hosjaistvenno-biologitscheskih prisnakov jarovogo jatschmenja v processe selekcii s ispolsovaniem priemov biotehnologii” Abstract of D.Sc. dissertation, Doctor of Agricultural Sciences, SPb.
6. Novruslu, G.A. (1993), “Soleustoitschivye obraszy jatschmenja kak ishodniy material dlja selekcii v uslovijah Schirvanskoj zoni Azerbaidshana”, Abstract of D.Sc. dissertation, Candidate of Agricultural Sciences, Baku.
7. Donzova, A.A., Filippov, E.G. (2011), “Isutschenie sakanomernostei nasledovanija kolitschestvennih priznakov pri sozdanii novogo ishodnogo materiala osimigo jatschmenja”, *Nautschnij shurnal Kub.GAU Krasnodar: Kub.GAU*, № 71 (07). available at: URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/24.pdf>. (Accessed (Accessed 10.03.2022)).
8. Nurpeisov, I.A. 2000, “Genetiko-selektionnie osnovy produktivnosti ozimoy pshenizy”, Abstract of D.Sc. dissertation, Candidate of Agricultural Sciences, Almaata.
9. Batakova, O.B. (2011), “Ishodnij material dlja selekcii jarovogo jatschmenja v uslovijah evropeiskogo Severa RF”, Abstract of D.Sc. dissertation, Candidate of Agricultural Sciences, SPb.
10. Bischarev, A.A., Schevtschenko, S.N. and Madjakin, E.V. i dr. (2017), “Selekcija jarovogo jatschmenja v Samarskom NIISH”, *Isvestija Samarskogo nautschnogo tsentra RAN*, no. 2(4), t. 19, pp. 78-92.

11. Aniskov, N.I. (2009), “Selekcija jarovogo jatschmenja v Sapadnoj Sibiri”, Abstract of D.Sc. dissertation, Doctor of Agricultural Sciences, Omsk.
12. Omarov, D.S. (1969), “Problemi gibridisacii i geterosisa jatschenja”. Abstract of D.Sc. dissertation, Doctor of Biological Sciences Nauk.
13. Maksimov R.A. Effektivnie istotschniki selektsionnih prisnakov I rasschirenje fenofonda ishodnogo materiala dlja sosdanija novih sortov jatschmenja v uslovijah Srednego Urala / CSelektija, semenovodstvo i proizvodstvo serna sernofurashnih kultur dlja obespechenija importosameshenija: materiali koordin.soveshanija po selekcii, semenovodstvu, tehnologii vosdelivaniya i perreabotki sernofurashnih kultur 27-31 ijulja 2015 g., Tjumen. – Tjumen: ООО «Petschatnik», 2015. – S. 75-79.
14. Surin N.A., and Zobova N.V. (2007), “Soverschenstvovanie adaptivnih svoistv jatschmenja v processe selektsii”, *Sib. Vestnik s.-h.nauki*, no. 6. pp. 18-24.

#### Сведения об авторах

**Фатуллаев Парвиз Улкер оглы** – доктор философии по аграрной науке, доцент, заведующий лабораторией зерновых, бобовых и технических культур Института Биоресурсов Нахичеванского отделения НАН Азербайджана.

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

#### Information about the authors

**Parviz U. Fatullayev** – Doctor of Philosophy in Agricultural Science, Associate Professor, Head of the Laboratory of Cereals, legumes and industrial crops at the Institute of Bioresources of the Nakhichevan Branch of the National Academy of Sciences of Azerbaijan.

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

**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 the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

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

*Статья поступила в редакцию 20.02.2022 г.; одобрена после рецензирования 18.03.2022 г.; принята к публикации 25.03.2022 г.*

*The article was submitted 20.02.2022; approved after reviewing 18.03.2022; accepted after publication 25.03.2022.*

Научная статья  
УДК 632.937  
doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-79-87

## ИСПЫТАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАПУСТЫ ОТ ОСНОВНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Анатолий Иванович Анисимов<sup>1</sup>, Сергей Андреевич Доброхотов<sup>2</sup>,  
Ульяна Борисовна Рогозева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе д. 2.  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601 Россия; anisimov\_anatoly@mail.ru,  
<http://orcid.org/0000-0003-0127-7610>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе д. 2.  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601 Россия; dobrohotov-s@mail.ru,

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе д. 2.  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601 Россия; ubr9418@yandex.ru

**Реферат.** Для органического земледелия требуются особые, экологически безопасные средства для борьбы с вредителями и болезнями растений (микробиологические, растительные) и их государственная регистрация против определённых видов, без которой их использование запрещено. В частности, на капусте (белокочанной, цветной и др.) нет зарегистрированных средств защиты от крестоцветных блошек, которые можно применять в органическом земледелии. Против капустных мух были зарегистрированы средства на основе энтомопатогенных нематод Немабакт и Энтонем-Ф, но в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ на 9 декабря 2021 года, их уже нет.

Основными вредителями капусты на Северо-Западе РФ являются крестоцветные блошки, весенняя капустная муха (*Delia radicum*), капустная моль (*Plutella xylostella*), капустная (*Pieris brassicae*) и репная (*Pieris rapae*) белянки. Для борьбы с ними на посадках белокочанной и цветной капусты, выращиваемых по органическим технологиям, испытан ряд микробиологических средств (Битоксибациллин, Лепидоцид, Бацикол, Биостоп, Боверин, Метаризин, Немабакт, Энтонем-Ф, Пронем) и средств растительного происхождения (Ним, экстракты хвои, Пиретрум, препараты на основе табака). Показано, что в условиях органического земледелия для борьбы с вредными чешуекрылыми (капустная моль, капустная и репная белянки) на капусте можно с высокой эффективностью использовать микробиологические препараты Битоксибациллин, Лепидоцид и Бацикол, а также растительный препарат Пиретрум (экстракт долматской ромашки). Бацикол и Пиретрум можно использовать для борьбы с крестоцветными блошками, но достаточный эффект достигается при проведении нескольких обработок, что снижает рентабельность защитных мероприятий. Высокоэффективного средства борьбы с весенней капустной мухой среди испытанных микробиологических препаратов и средств растительного происхождения при испытанных нами технологиях применения выявить не удалось.

**Ключевые слова:** органическое земледелие, капуста, микробиологические средства, растительные средства, биологическая эффективность

**Цитирование.** Анисимов А.И., Доброхотов С.А., Рогозева У.Б. Испытание микробиологических и растительных средств для защиты капусты от основных вредителей в органическом земледелии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. - № (1) 66. - С. 79-87. doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-79-87.



TRIAL OF MICROBIOLOGICAL AND HERBAL AGENTS FOR MAIN CABBAGE  
PESTS CONTROL IN ORGANIC FARMINGAnatoly I. Anisimov<sup>1</sup>, Sergey A. Dobrokhotov<sup>2</sup>, Ulyana B. Rogozeva<sup>3</sup><sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; anisimov\_anatoly@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0127-7610><sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; dobrokhotov-s@mail.ru<sup>3</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; ubr9418@yandex.ru

**Abstract.** Organic farming requires special, environmentally friendly means to control insect pests and plant diseases. Their state registration against some species is required, otherwise their use is prohibited. Particularly, on cabbage (white, cauliflower, etc.) there are no registered means for cabbage root fly control which can be used in organic farming. The only drugs were registered against cabbage flies are based on entomopathogenic nematodes Nembakt and Antonem-F, but they are no longer listed in the State Catalog of Pesticides and Agrochemicals approved for use in the Russian Federation as of December 9, 2021.

The main pests of cabbage in the North-West of the Russian Federation are cabbage flea beetles, cabbage root fly (*Delia radicum*), diamondback moth (*Plutella xylostella*), pierid cabbage white (*Pieris brassicae*) and turnip white (*Pieris rapae*) butterflies. For their biological control, a number of microbiological agents (Bitoxibacillin, Lepidocid, Batsikol, Biostop, Boverin, Metarizin, Nembakt, Antonem-F, Pronem) and herbal agents (Nim, needle extracts, Piretrum, tobacco-based preparations) were tested. It is shown that in the organic farming, to confront harmful lepidoptera (diamondback moth, white and sulfur butterflies, cabbage) on cabbage, microbiological agents Bitoxibacillin, Lepidocid and Batsikol, as well as the herbal agent Piretrum (from Dolmatian chamomile), can be used with high efficiency. Batsikol and Piretrum can be applied to control cabbage flea beetles, but as sufficient effect is achieved after several treatments, it reduces the cost-effectiveness of protective measures. A highly effective means for cabbage root fly control among the tested microbiological and herbal agents have not been found when using the tried technologies of application.

**Keywords:** organic farming, cabbage, microbiological agents, herbal agents, biological effectiveness

**Citation.** Anisimov, A.I., Dobrokhotov, S.A. and Rogozeva, U.B. (2022), "Trial of microbiological and herbal agents for main cabbage pests control in organic farming", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 79-87 (In Russ.). doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-79-87.

**Введение.** В связи с быстрым ростом мирового рынка органических продуктов питания в настоящее время возникает проблема недостаточных объёмов производства отечественной органической продукции для экспорта за границу и потребления на внутреннем рынке. Органическое сельское хозяйство в России остаётся мало развитым, несмотря на огромное количество залежных земель, десятилетиями не получавших минеральных удобрений и не обрабатывавшихся пестицидами [1]. В то же время определенные преимущества и точки его роста в нашей стране сохраняются [2], а исследования в области защиты растений в органическом земледелии на современном этапе проводятся с 2010 года [3]. Альтернативой использования химических средств защиты являются агротехнические мероприятия и биологический метод борьбы, включающие биоценологическое регулирование плотности популяции вредителей.

**Цель исследования** – оценить эффективность ряда микробиологических и растительных средств защиты растений в борьбе с основными вредителями белокочанной и

цветной капусты (крестоцветные блошки, капустная моль, весенняя капустная муха, капустная и репная белянки [4]) в условиях органического земледелия на Северо-Западе РФ.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проводили в учебно-опытном саду СПбГАУ на участке органического земледелия. Из микробиологических препаратов и их опытных образцов были исследованы: Битоксибациллин, Бацикол, Немабакт, Энтонем-Ф, Пронем, а из растительных препаратов: Ним (масло холодного отжима из древесного растения *Azadirachta indica* L.), Пиретрум (экстракт далматской ромашки), экстракт хвой пихты сибирской, экстракт табака.

Выращивание рассады капусты проводили в поликарбонатной теплице учебно-опытного сада СПбГАУ. Для посева семян использовали деревянные ящики, объёмом около 15 л, с органической смесью из торфа, конско-опилочного навоза, биогумуса, с добавлением доломитовой муки, древесной золы и вермикулита. Минеральные удобрения не использовали. Рассаду выращивали через пикировку в пластмассовые ячеистые кассеты.

На постоянное место капусту высаживали в конце мая – начале июня, в гребни с междурядьями 70 см, с интервалом 40 см в ряду. В течение вегетации проводили агротехнические мероприятия: полив водой, рыхление междурядий, окучивание, ручную прополку сорняков.

Препараты на основе энтомопатогенных нематод (Немабакт, Энтонем-Ф, Пронем) в борьбе с весенней капустной мухой применяли способом пролива под корень. Обработки против крестоцветных блошек и капустной мухи проводили методом опрыскивания при концентрациях рабочего раствора 2,5-5% с использованием 5 л опрыскивателя в вечерние часы при благоприятном прогнозе погоды. В случае дождя обработку повторяли.

Учёт численности крестоцветных блошек и капустной моли делали 1-2 раза в неделю. Подсчитывали число имаго крестоцветных блошек, гусениц и куколок капустной моли на каждом из 40-50 растений на вариант. Численность пупариев весенней капустной мухи учитывали посредством почвенных раскопок (размер пробы 0,32 м x 0,32 м x 0,3 м), площадью 0,1 кв. м по 20-30 проб на вариант опыта в сентябре. Вредоносность капустной мухи оценивали также по сохранности растений капусты.

Расчёт биологической эффективности проведенных защитных мероприятий проводили по следующей формуле:  $BЭ = \left(1 - \frac{aB}{Ab}\right) \times 100\%$ ,

где БЭ – биологическая эффективность, %; А – средняя численность вредителей в опытном варианте до обработки; В – средняя численность вредителей в опытном варианте на дату учета, а – средняя численность вредителей в контрольном варианте до обработки, b – средняя численность вредителей в контрольном варианте (без обработки) на дату учета.

Результаты учетов усредняли в пределах даты учета для каждого варианта. Рассчитывали стандартную ошибку среднего. Достоверность наблюдаемых различий оценивали по t-критерию Стьюдента, используя программу Excel.

**Результаты исследований.** Эффективность микробиологических препаратов Битоксибациллин и Лепидоцид в борьбе с гусеницами листогрызущих чешуекрылых испытывалась ранее авторами (Кандыбин и др., 1988; Смирнов, Доброхотов, 1988). Важно, что эти препараты позволяют сохранять энтомофагов, повышая общую БЭ обработок. В процессе исследований последних лет мы многократно использовали Битоксибациллин или Лепидоцид, которые против крестоцветных блошек показали невысокую БЭ, однако с их помощью решали проблему борьбы с капустной и репной белянками, капустной молью, проводя локальные обработки по очагам. Например, в 2015 году на белокочанной капусте сортов Престиж, СБ-3 и Подарок БЭ Битоксибациллина варьировала от 50 до 100%. Применение растительных препаратов (например, экстракта хвой) против этих вредителей оказалось малоэффективным. Таким образом, с помощью микробиологических препаратов Битоксибациллин или Лепидоцид проблему защиты капусты от гусениц вредных чешуекрылых в условиях органического земледелия можно решить.

Гораздо сложнее, оказывается, проблема защиты капусты от крестоцветных блошек и весенней капустной мухи. На протяжении ряда лет мы оценивали эффективность образца микробиологического биопрепарата Бацикол в борьбе с крестоцветными блошками на белокачанной и цветной капусте. Так, в 2016 году его применение в 5% концентрации на белокачанной капусте сорта Казачек по второй волне возрастания численности крестоцветных блошек не дало сколь-либо значимой эффективности. Неэффективным против крестоцветных блошек оказалось применение Бацикола на том же сорте капусты и в 2018 году.

Однако в 2019 и 2020 годах положительный эффект применения Бацикола в борьбе с крестоцветными блошками был отмечен. Так, из рисунка 1 видно, что три опрыскивания Бациколом в концентрации 5%, проведенные 7, 10 и 17 июня, привели к сдерживанию роста численности вредителей на цветной капусте сорта Мовир 74 до начала июля 2019 года, что позволило избежать серьезных повреждений молодых растений капусты. БЭ применения Бацикола оказалась довольно высокой и на другом сорте цветной (Экспресс МС) и на раннеспелой белокачанной капусте сорта Июньская (табл. 1).

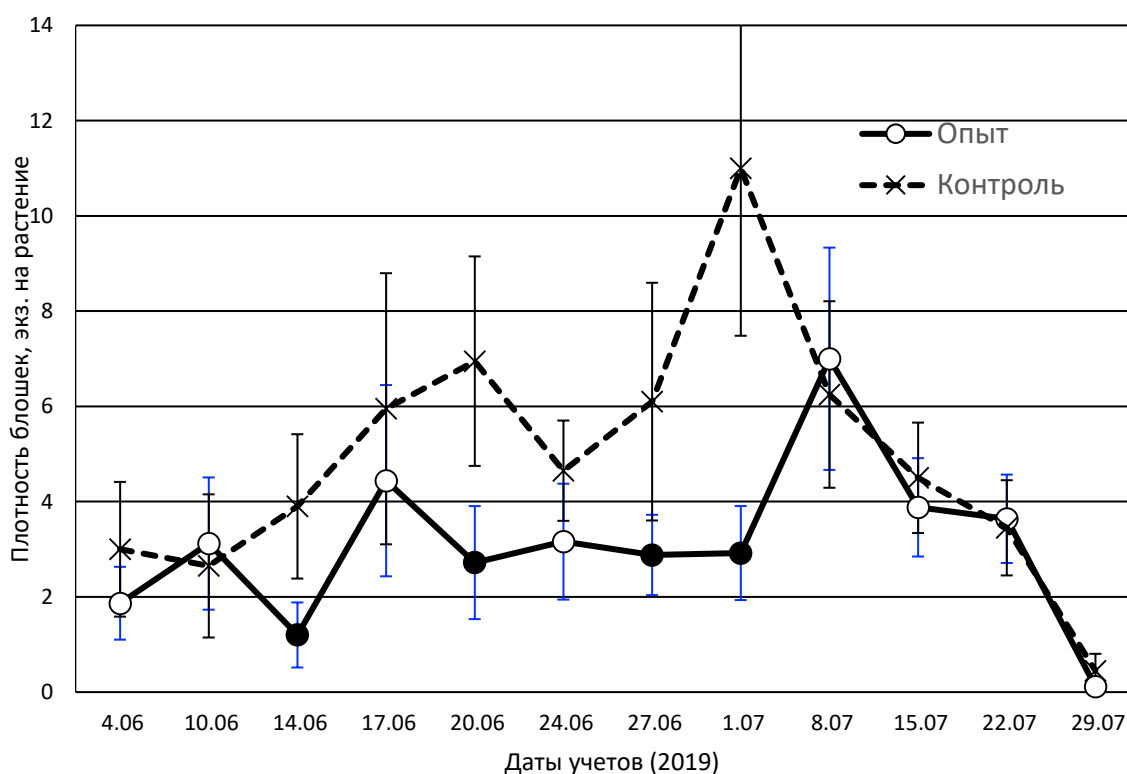


Рисунок 1. Динамика численности крестоцветных блошек на цветной капусте сорта Мовир 74 при использовании Бацикола (опыт) для борьбы с ними

Планками погрешностей обозначены доверительные интервалы для вероятности 0.95. Заливкой обозначены значения, достоверно отличающиеся от контроля ( $p < 0.05$  по t-критерию Стьюдента)

Figure 1. Dynamics of cabbage flea beetles on the cauliflower variety Movir 74 at Batsikol treatment for pests control Error bars indicate standard deviations for a probability of 0.95. Filling indicates values significantly different from control ( $p < 0.05$  according to Student's t-test)

В 2020 году Бацикол испытывали в сравнении с растительным препаратом Пиретрум (табл. 2). Первую обработку препаратами провели 15.06. Через 3 дня после обработки достоверную БЭ среднего уровня показал только Бацикол. Вероятно, препарат Пиретрум оказался чувствительным к осадкам (16.06 прошел сильный дождь). Его достоверная эффективность проявилась только после второй обработки, проведенной 20.06, и только на сорте белокачанной капусты сорта Подарок. Вторая обработка Бациколом, наоборот, не дала положительного эффекта, ее значение проявилось только через 6 дней и БЭ была слабой, в связи с чем третью обработку вместо Бацикола провели биохимическим препаратом Спинтор,

который оказался высокоэффективным. Третья обработка препаратом Пиретрум, проведенная 26.06, дала неплохой результат, особенно на сорте Подарок.

Таблица 1. Биологическая эффективность (% ± SE) Бацикола в борьбе с крестоцветными блошками на двух сортах цветной и раннеспелом сорте белокочанной капусты (учебно-опытный сад СПбГАУ, 2019 г.)

Table 1. The Batsikol biological efficiency (% ± SE) in cabbage flea beetles control on two varieties of cauliflower and an early ripe variety of white cabbage (educational and experimental garden of St. Petersburg State Agrarian University, 2019)

Сорт капусты	Даты оценки биологической эффективности (2019 г.):						
	14.06	17.06	20.06	24.06	27.06	01.07	08.07
Мовир 74	<b>74 ± 12.6</b>	37 ± 29.8	<b>67 ± 14.4</b>	42 ± 23.6	<b>60 ± 17.0</b>	<b>78 ± 9.3</b>	4,9 ± 39.1
Экспресс	<b>91 ± 4.3</b>	43 ± 25.7	<b>80 ± 9.2</b>	<b>56 ± 20.6</b>	<b>81 ± 8.3</b>	<b>82 ± 8.3</b>	<b>72 ± 12.8</b>
Июньская	<b>93 ± 9.0</b>	34 ± 37.4	<b>63 ± 17.9</b>	37 ± 30.7	<b>58 ± 18.7</b>	<b>60 ± 17.4</b>	<b>73 ± 12.7</b>

Примечание. Вероятность отличия от нуля: > 0.999 – *жирный курсив*, > 0.99 – **жирный шрифт**, > 0.95 – *курсив*, обычный шрифт – вероятность отличия от нуля меньше 0.95 (не достоверно).

Note: probability of being different from zero > 0.999 – *bold italic*, > 0.99 – **bold**, > 0.95 – *italic*, regular font – probability of being different from zero < 0.95 (not significant).

Таблица 2. Биологическая эффективность (% ± SE) Бацикола и Пиретрума в борьбе с крестоцветными блошками на трех сортах белокочанной капусты (учебно-опытный сад СПбГАУ, 20120 г.)

Table 2. The Batsikol and Piretrum biological efficiency (% ± SE) in cabbage flea beetles control on three varieties of white cabbage (educational and experimental garden of St. Petersburg State Agrarian University, 2020)

Сорт капусты	Препарат	Даты оценки биологической эффективности (2020):			
		18.06	23.06	26.06	29.06
Подарок	Бацикол	<b>63.6 ± 8.12</b>	7.9 ± 30.58	<i>39.1 ± 17.13</i>	-
	Пиретрум	5.6 ± 20.72	<b>59.3 ± 12.48</b>	4.0 ± 26.81	<b>68.2 ± 13.02</b>
Харьковская	Бацикол	<b>51.9 ± 11.24</b>	15.4 ± 20.63	-8.6 ± 40.18	-
Зимовка 1474	Пиретрум	-4.5 ± 23.10	10.0 ± 25.32	-23.1 ± 32.01	<i>40.0 ± 16.57</i>

Примечание как к таблице 1

Notes as for table 1.

Доля препаратов из растений на рынке России стремительно растет. Появился препарат из индийского дерева Ним, начался выпуск препарата на основе экстракта из долматской ромашки. Необходимо было провести специальные опыты для оценки БЭ против вредителей растительных препаратов, не имеющих государственной регистрации. Однако из них достоверную БЭ в отношении крестоцветных блошек продемонстрировал только препарат Пиретрум. Этот же препарат оказался эффективным (на уровне 60-80%) в отношении капустной моли, но эффект сохранялся недолго (5-7 дней).

В литературе периодически появляется информация об успешном использовании в борьбе с крестоцветными блошками препаратов на основе энтомопатогенных нематод [5-7]. Поэтому в 2016 г. провели исследования эффективности отечественного препарата Немабакт при проливе лунок, поливе почвы после посадки растений капусты и опрыскивания растений препаратом. БЭ была низкая, поэтому этот приём борьбы с блошками больше не использовали.

Биологическую эффективность препаратов на основе энтомопатогенных нематод испытали в 2017 г. для борьбы с весенней капустной мухой, создающей большую проблему в органическом земледелии опасного вредителя капусты, это отражено в работах [8, 9]. Эффективность оценивали по проценту сохранившихся растений в опытном и контрольном вариантах к тому времени, когда количество погибших растений перестало увеличиваться.

Она оказалась ниже, чем 50%. При проведении почвенных раскопок осенью биологическая эффективность Энтонема-Ф, определённая по куколкам мухи, составила 37,5% (отличие от контроля не достоверно), а Немабакт эффективности вообще не проявил. Возможно, что низкая БЭ связана с неудачным временем проведения обработок – уже при появлении личинок.

В 2018 г. в борьбе с весенней капустной мухой оценили биологическую эффективность ряда биопрепаратов. В результате опытов только два препарата (Фитоверм и Пронем) показали положительную биологическую эффективность (в районе 50%). Другие исследованные препараты: Биостоп, Метаризин, Немабакт, Боверин, Нем, Энтонем-Ф БЭ не проявили.

В то же время в опытах белорусских учёных, которые испытывали препараты на основе энтомопатогенных нематод путем внесения в кассеты получена более высокая БЭ – 75% [10]. Это более эффективный способ. Они подтвердили данные С.А. Доброхотова, который в течение 5 лет изучал наиболее эффективные способы применения Немабакта (Доброхотов и др., 2005). Это позволило провести производственные испытания в ЗАО «Приневское» (Доброхотов и др., 2006). Оценивая все препараты, выпускаемые в мире на основе ЭПН, С.Э Спиридонов и Р.У. Элсрс пришли к выводу, что они ещё недостаточно разработаны в плане вирулентности для большинства видов вредителей, а с экономической точки очень дороги. Поэтому оказываются недоступными для широкого применения в защите растений [11].

В целом, по результатам проведённых нами испытаний ряда микробиологических и растительных препаратов в борьбе с основными вредителями капусты в 2015-2020 гг. можно заключить, что препарат Бацикол показывает удовлетворительную и хорошую БЭ в борьбе с крестоцветными блошками. Однако против первого поколения блошек, которое наиболее интенсивно заселяет рассаду капусты и приводит к гибели растений, требуется проведение не менее трех обработок. В годы с низкой численностью вредителя требуется проведение двух опрыскиваний. Необходимо отметить, что биопрепарат Биостоп разработки ВНИИ биологической защиты растений показал высокую БЭ в борьбе с крестоцветными блошками на цветной капусте и брюкве. Его защитный период составлял 25 суток, в то время как у Бацикола – 21 день, а на белокочанной капусте – всего 17 дней (Доброхотов, Рогозева, 2019; Рогозева и др., 2019).

Немабакт, как при опрыскивании, так и при проливе под корень, показал недостаточную БЭ в отношении крестоцветных блошек. Полив под корень препаратами на основе энтомопатогенных нематод против весенней капустной мухи лишь в варианте с Пронемом показал БЭ в районе 50%, одинаковую с эффективностью биохимического препарата Фитоверм. Растительные средства Нем и Пиретрум дали удовлетворительную эффективность в борьбе с крестоцветными блошками и капустной молью. Поэтому необходимо проводить работу по государственным испытаниям препаратов, показавших эффективность, и продолжать работу по выявлению более эффективных средств защиты растений, приемлемых в органическом земледелии для борьбы с крестоцветными блошками и весенней капустной мухой. К сожалению, процедура проведения государственной регистрации новых перспективных препаратов, их включения в Государственный каталог пестицидов, разрешенных к применению на территории РФ (или продления разрешения), вызывает определенные сложности. Это создает подчас непреодолимые препятствия для внедрения новых научных разработок отечественных авторов в практику, особенно в такой рискованной, приносящей дополнительные убытки области, как органическое земледелие.

Применение экологически безопасных средств защиты растений окупалось повышением урожайности. Однако в связи с высокой стоимостью препаратов на основе энтомопатогенных нематод и высоких норм расхода Бацикола окупаемость была всё же ниже, чем при использовании химических средств и биохимических препаратов [12].

**Выводы:**

1. В условиях органического земледелия для борьбы с вредными чешуекрылыми (капустная моль, капустная и репная белянки) на капусте высокую эффективность показывают микробиологические препараты Битоксибациллин, Лепидоцид и Бацикол, а также растительный препарат Пиретрум.

2. Бацикол и Пиретрум эффективны в борьбе с крестоцветными блошками, но достаточный эффект достигается при проведении нескольких обработок, что снижает рентабельность защитных мероприятий.

3. Высокоэффективного средства борьбы с весенней капустной мухой среди испытанных микробиологических препаратов и средств растительного происхождения выявить не удалось.

**Список источников литературы**

1. Барсукова Г.Н., Терновская О.И. Перспективы развития органического земледелия в России // Результаты современных научных исследований и разработок: материалы II Международной научно-практической конференции МЦНС «Наука и просвещение». – 2017. – С. 68-70.
2. Доброхотов С.А., Анисимов А.И. Конкретные преимущества и точки роста органического сельского хозяйства // Органическое сельское хозяйство – перспективы развития: материалы Всероссийской научно производственной конференции. – Махачкала: Дагестанский ГАУ, 2021. – С. 45-51.
3. Анисимов А.И., Доброхотов С.А., Караев Д.О. Проблемы защиты растений от вредителей и болезней в органическом земледелии и пути их решения на Северо-Западе России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. - № 18. – С. 81-87.
4. Ramasamy S., Sotelo P., Lin M., Heng Ch.H., Kang S., Sarika S. Validation of a bio-based integrated pest management package for the control of major insect pests on Chinese mustard in Cambodia // Crop Protection, 2020, vol. 135, 104728. doi: doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.0047.
5. Vojnovic M.Z. Biological control of oil seed rape with entomopathogenic nematodes // Doctoral thesis in agricultural zoology. Academic dissertation. Department agricultural sciences [publications] 4. Helsinki, 2010, - 177 p.
6. Yan X., Han R., Moens M., Chen Sh., De Clercq P. Field evaluation of entomopathogenic nematodes for biological control of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) // BioControl, 2013, vol. 58, no. 2, pp. 247-256. doi:10.1007/s10526-012-9482-y
7. Noosidum A., Mangtab S., Lewisc E.E. Biological control potential of entomopathogenic nematodes against the striped flea beetle, *Phyllotreta sinuata* Stephens (Coleoptera: Chrysomelidae) // Crop Protection, 2021, vol. 141, 105448. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.004.
8. Meyling N.V., Navntoft S., Philipsen H., Thorup-Kristensen K., Eilenberg J. Natural regulation of *Delia radicum* in organic cabbage production // Agriculture, Ecosystems and Environment, 2013, vol. 164, pp. 183–189. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.019.
9. de Azevedo A.G.C., Eilenberg J., Steinwender B.M., Sigsgaard L. (2019). Non-target effects of *Metarhizium brunneum* (BIPESCO 5/F 52) in soil show that this fungus varies between being compatible with, or moderately harmful to, four predatory arthropods // Biological Control, 2019, vol. 131, pp. 8-24. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.01.002
10. Микульская Н.И., Прищепа Л.И., Герасимович М.С. Результаты многолетних исследований по поиску и оценке биологической активности энтомопатогенных нематод в Республике Беларусь // Защита растений: Сборник научных трудов. Вып. 35. – Несвиж: Несвижская типография, 2011. – С. 240-251.
11. Спиридонов С.Э., Элере Р.У. Энтомопатогенные нематоды как агенты биометода – где это получается // Краткий курс по нематологии. – Петрозаводск, 2011. – С. 54-62.
12. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Рогозева У.Б. Совершенствование экологически безопасных способов защиты крестоцветных культур от вредных насекомых // Научные труды по агрономии. – 2020. – № 2 (4) – С. 16-25.

## References

1. Barsukova, G.N. and Ternovskaya, O.I. (2017), “Perspectives for the development of organic farming in Russia”, *Nauka i prosveshchenie* [Science and Education], *Rezultaty sovremennyh nauchnyh issledovaniy i razrabotok: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii MCNS* [Results of modern scientific research and development - Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference of the ICNC], pp. 68-70. (In Russ.).
2. Dobrokhотов, S.A. and Anisimov, A.I. (2021), “Specific benefits and growth points of organic agriculture”, *Organicheskoe sel'skogo hozyajstvo – perspektivy razvitiya* [Organic agriculture - development prospects], *materialy Vserossijskoj nauchno proizvodstvennoj konferencii* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Production Conference], Dagestan State Agrarian University Makhachkala, pp. 45-51. (In Russ.).
3. Anisimov, A.I. and Dobrokhотов, S.A. (2010), “Problems of plant protection in organic farming and the ways for their solve in the North-West of Russia”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, no. 18, pp. 81-87. (In Russ.).
4. Ramasamy, S., Sotelo, P., Lin, M., Heng, Ch.H., Kang, S. and Sarika, S. (2020), “Validation of a bio-based integrated pest management package for the control of major insect pests on Chinese mustard in Cambodia” *Crop Protection*, vol. 135, 104728. doi: doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.004.
5. Vojnovic, M.Z. (2010), “Biological control of oil seed rape with entomopathogenic nematodes”, *Doctoral thesis in agricultural zoology*. Academic dissertation. Department agricultural sciences [publications] 4. Helsinki, 177 p.
6. Yan, X., Han, R., Moens, M., Chen, Sh. and De Clercq, P. (2013), “Field evaluation of entomopathogenic nematodes for biological control of striped flea beetle”, *Phyllostreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) // *BioControl*, vol. 58, no. 2, pp. 247-256. doi:10.1007/s10526-012-9482-y.
7. Noosidum, A., Mangtab, S. and Lewisc, E.E. (2021), “Biological control potential of entomopathogenic nematodes against the striped flea beetle, *Phyllostreta sinuata* Stephens (Coleoptera: Chrysomelidae)”, *Crop Protection*, vol. 141, 105448. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.004>.
8. Meyling, N.V., Navntoft, S., Philipsen, H., Thorup-Kristensen, K. and Eilenberg, J. (2013), “Natural regulation of *Delia radicum* in organic cabbage production”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 164, pp. 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.019>.
9. de Azevedo, A.G.C., Eilenberg, J., Steinwender, B.M. and Sigsgaard, L. (2019), “Non-target effects of *Metarhizium brunneum* (BIPESCO 5/F 52) in soil show that this fungus varies between being compatible with, or moderately harmful to, four predatory arthropods”, *Biological Control*, vol. 131, pp. 8-24. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.01.002>.
10. Mikulskaya, N.I., Prishchepa, L.I. and Gerasimovich, M.S. (2011), “The results of many years of research on the search and evaluation the entomopathogenic nematodes biological activity in the Republic of Belarus”, *Plant Protection: Collection of scientific papers - Issue. 35. - Nesvizh: Nesvizh printing house*, pp. 240-251. (In Russ.).
11. Spiridonov, S.E. and Éclair, R.U. (2011), “Entomopathogenic nematodes as biometod agents - where it is obtained”, *A short course in nematology*. Petrozavodsk, pp. 54-62. (In Russ.).
12. Dobrokhотов, S.A., Anisimov, A.I. and Rogozeva, U.B. (2020), “Improvement of ecologically safe ways to protect cruciferous crops from harmful insects”, *Scientific works in agronomy*, no. 2 (4) - pp. 16-25. (In Russ.).

## Сведения об авторах

**Анисимов Анатолий Иванович** – доктор биологических наук, профессор кафедры Защита и карантин растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; spm-код 9878-7844.

**Доброхотов Сергей Андреевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, внештатный научный сотрудник лаборатории Биологической борьбы с вредными насекомыми, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; spm-код 2986-0237.

**Рогозева Ульяна Борисовна** – аспирант кафедры Защита и карантин растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

**Information about the authors**

**Anatoly I. Anisimov** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-code 9878-7844.

**Sergey A. Dobrokhotov** – PhD in Agricultural Sciences, freelance researcher at the Department of Plant Protection and Quarantine. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University", spin-code 2986-0237.

**Ulyana B. Rogozeva** – post-graduate student of the Department of Plant Protection and Quarantine. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University".

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученного экспериментального материала. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтных интересов.

*Статья поступила в редакцию 27.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 18.03.2022 г.; принята к публикации 25.03.2022 г.*

*The article was submitted 27.01.2022; approved after reviewing 18.03.2022; accepted after publication 25.03.2022.*

Научная статья

УДК 631.461: 631.465

doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-87-96

**ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ  
ПОЧВЫ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕСТРУКТОРА**

**Рафина Саидметовна Гамзаева**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,  
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; r.gamzaeva@yandex.ru

**Реферат.** Целью исследований являлось изучение особенностей влияния различных концентраций нефти на показатели биологической активности почвы и определение остаточного количества нефтепродуктов в дерново-подзолистой почве при внесении биопрепарата на основе нефтеокисляющих микроорганизмов. В статье приводятся результаты вегетационных опытов по влиянию разного уровня нефтяного загрязнения на динамику структуры почвенного микробиоценоза, активность каталазы и степень деструкции. Нефть вносили в следующих концентрациях: 10 мл (2000 мг нефти на кг почвы), 30 мл (6000 мг нефти на кг почвы), 50 мл (10000 мг нефти на кг почвы). Рассмотрены такие микробиологические показатели почвы, как общее микробное число (ОМЧ), численность микромицетов, актиномицетов и олигонитрофилов. Из биохимических показателей биологической активности изучена динамика активности каталазы. Установлено, что численность изученных физиологических групп микроорганизмов и количественное содержание рассмотренных показателей зависели от уровня загрязнения поллютантом и внесения биопрепарата. Показано, что невысокие концентрации нефти стимулируют численность бактерий (фон+2000 мг/кг почвы). Отмечено, что микроскопические грибы более устойчивы к нефтяному загрязнению. Резкое снижение численности актиномицетов наблюдалось в вариантах фон+6000 мг и фон+1000 мг нефти на кг почвы. Максимальная активность каталазы отмечена в варианте фон+2000 мг/кг+биопрепарат и составила 17,1 мл за 2 мин на 1 г почвы.



Установлено, что наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению оказались актиномицеты и олигонитрофилы, численность которых не восстанавливается и к концу эксперимента, на 90-ые сутки после загрязнения.

Самая высокая степень деградации нефтепродуктов отмечена в варианте фон+2000 мг/кг нефти + биопрепарат и составила 23,7%, а минимальная – в варианте фон+6000 мг/кг нефти, 2,4%.

Выявлено, что на фоне внесения микробиологического деструктора восстанавливаются биологические показатели нефтезагрязненной почвы и снижается остаточное количество нефтепродуктов в 5-8 раз.

**Ключевые слова:** нефть, микробиологический деструктор, микромицеты, актиномицеты, олигонитрофилы, каталаза, остаточное количество нефтепродуктов

**Цитирование.** Гамзаева Р.С. Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на показатели биологической активности дерново-подзолистой почвы на фоне применения микробиологического деструктора // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 87-96. doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-87-96.

## FEATURES OF THE IMPACT OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS ON INDICATORS OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOD-PODZOLIC SOILS AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF A MICROBIOLOGICAL DESTRUCTOR

Rafina S. Gamzaeva

Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; r.gamzaeva@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the research was to study the peculiarities of the influence of various concentrations of oil on the indicators of biological activity of the soil and to determine the residual amount of oil products in sod-podzolic soil when applying a biological product based on oil-oxidizing microorganisms. The article presents the results of vegetation studies on the influence of different levels of oil pollution on the dynamics of the structure of soil microbiocenosis, catalase activity and the residual amount of petroleum products when using a biological product based on oil-oxidizing microorganisms. Such microbiological indicators of the soil as the total microbial number (OMH), the number of micromycetes, actinomycetes and oligonitrophils are considered. It was found that the quantitative content of the studied biological indicators depended on the level of pollutant contamination and the introduction of a biological product. It is shown that low concentrations of oil stimulate the number of bacteria (background +2000mg/kg of soil). It is noted that microscopic fungi are more resistant to oil pollution. A sharp decrease in the number of actinomycetes was observed in the variants background +6000 and background +1000 mg of oil per kg of soil. At the end of the experiment (on day 90), the level of actinomycetes and oligonitrophils in variants with and without the introduction of a biodestructor is not restored to the indicators of the control and background variant (NPK). The maximum activity of catalase was noted in the variant background +2000mg/kg + biopreparation and was 17.1 ml per 2 min per 1 g of soil. It was found that actinomycetes and oligonitrophiles were the most sensitive to oil pollution, the number of which does not recover by the end of the experiment, 90 days after contamination.

The highest degree of degradation of petroleum products was noted in the Background +2000 mg /kg of oil + biological product and amounted to 23.7%, and the minimum - in the Background +6000 mg / kg of oil, 2.4%. It was revealed that against the background of the introduction of a microbiological preparation based on carbon-oxidizing microorganisms, biological indicators of oil-contaminated soil are restored and the residual amount of petroleum products is reduced by 5-8 times.

**Keywords:** *oil, microbiological destructor, micromycetes, actinomycetes, oligonitrophils, catalase, residual amount of petroleum products*

**Citation.** Gamzaeva, R.S. (2022), “Dynamics of the activity of the hydrolase-oxidoreductase enzyme complex of the soil depending on inoculation with biological products”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1 pp. 87-96, (In Russ.). doi: 10/24412/2078-1318-2022-1-87-96.

**Введение.** В связи с прогрессирующим ростом востребованности такого сырья, как нефть, растут и объёмы её добычи, переработки, транспортировки, а соответственно, и утечки при авариях несут крупный и масштабный характер. Несмотря на то, что нефть и её компоненты биodeградируются, процесс самовосстановления загрязненной среды затягивается на долгие годы [1, 2]. Таким образом, решение проблемы антропогенного загрязнения окружающей среды нефтью является одной из приоритетных в настоящее время.

Наиболее разрушительное воздействие нефть и нефтепродукты оказывают на почвенные экосистемы [3]. С целью более глубокого понимания механизмов биоремедиации техногенно загрязнённых экосистем и, в дальнейшем, способов биорекультивации требуется детальное изучение микробного пула и активности ферментов во взаимоотношениях «почва-микроорганизмы» [3, 4, 5, 6].

Биологическое разрушение нефти в почве в основном происходит за счет жизнедеятельности углеводородокисляющих микроорганизмов. Таким образом в настоящее время успешно разрабатываются микробиологические технологии очистки природных сред от нефтяного загрязнения, основанные именно на применении консорциума углеводородокисляющих микроорганизмов в сочетании с различными веществами, стимулирующими их активность. Микроорганизмы, которые участвуют в окислении нефти, являются одной из составляющих гетеротрофного сообщества и существуют как в антропогенно загрязнённых, так и в «чистых» экосистемах [7].

Особенностью данных микроорганизмов является то, что они обладают комплексом ферментов (оксигеназ), а также способностью к поглощению гидрофобного субстрата в больших количествах, выделяя при этом в окружающую среду вещества, стимулирующие окисление нефти и нефтепродуктов [8].

Известным фактом является то, что при попадании нефтепродуктов в почву качественный состав микробиоценоза подвергается структурным и физиологическим изменениям. На фоне данных перестроек происходит развитие популяций, способных перерабатывать новый субстрат и потребляющих значительное количество азота [9, 10].

Основой микробиологической жизнедеятельности выступает ферментативная активность, которая обеспечивает все биохимические реакции, протекающие в почве. В основном почвенные ферменты продуцируются микроорганизмами, значительно меньшее количество их являются растительного и животного происхождения.

Ферментам, которые относятся к классу оксидоредуктаз, принадлежит особая роль в окислении нефтепродуктов. Поэтому по их активности можно судить об интенсивности процессов окисления углеводов нефти.

Таким образом, исследования биологических показателей нефтезагрязнённых почв имеют высокую степень актуальности.

**Цель исследования** – изучить влияние различных концентраций нефти на показатели биологической активности почвы и определить остаточное количество нефтепродуктов в дерново-подзолистой почве при внесении биопрепарата на основе нефтеокисляющих микроорганизмов.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Опыты по изучению разного уровня нефтяного загрязнения на структуру микробного комплекса проводили на опытном поле СПбГАУ. В качестве загрязнителя применяли сырую нефть. В опыте был использован

микробиологический деструктор Ленойл СХП, который состоит из нефтеокисляющих бактерий *Acinobacter calcoaceticus* ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum intermedium* ИБ ДТ-5.3/2

Для закладки опытов были использованы пластмассовые сосуды ёмкостью 5 кг. Почву загрязняли сырой нефтью, перемешивали и добавляли суспензию биопрепарата. Нефть вносили в следующих концентрациях: 10 мл (2000 мг нефти на кг почвы), 30 мл (6000 мг нефти на кг почвы), 50 мл (10000 мг нефти на кг почвы). В сосуды вносили минеральные удобрения (по Кнопу) из расчета на сосуд: калий хлористый (KCl) – 1 г и суперфосфат двойной ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ ) – 1,2 г, аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 1,2 г/сосуд). Контроль – чистая почва. В вариант НРК-фон вносили только минеральные удобрения. Почвенные образцы для микробиологических исследований отбирались в два срока: на 15-ые и 90-ые сутки после загрязнения. Определение числа микроорганизмов проводили путем посева почвенной суспензии на плотные питательные среды (чашечный метод Коха) [11]. Этот метод включает три этапа: приготовление разведений, посев на плотную среду в чашки Петри и подсчет выросших колоний. Для определения общего числа бактерий использовали МПА, для определения микроскопических грибов (микромикетов) – среду Чапека – Докса, для определения актиномицетов – КАА (крахмала-аммиачный агар). Количество олигонитрофилов определяли на среде Эшби. В качестве фитомелиоранта использовали ячмень (в каждый сосуд высевали по 12 семян). Анализ остаточной концентрации нефти в почвенных образцах проводился методом ПНДФ 16.1: 2.21-98.

**Результаты исследований.** Исследования влияния нефти на количественное содержание бактерий проводили путем посева почвенной суспензии на мясопептонный агар. При высеве почвы на данную среду вырастают микроорганизмы различных систематических и физиологических групп, использующих в основном органические формы азота.

Таблица 1. Влияние разного уровня нефтяного загрязнения на общее количество бактерий (КОЕ на 1 г почвы)

Table 1. The effect of different levels of oil pollution on the total number of bacteria CFU per 1 g of soil

Варианты опыта	Общее микробное число	
	15 сутки	90 сутки
Контроль	$2,38 \times 10^5$	$3,40 \times 10^5$
НРК-фон	$3,70 \times 10^5$	$3,90 \times 10^5$
Фон+2000 мг/кг нефти	$3,21 \times 10^5$	$4,23 \times 10^5$
Фон+6000 мг/кг нефти	$1,98 \times 10^5$	$9,60 \times 10^5$
Фон+10000 мг/кг нефти	$3,40 \times 10^4$	$6,00 \times 10^3$
Фон+2000 мг/кг нефти+ биопрепарат	$4,07 \times 10^5$	$4,94 \times 10^5$
Фон+6000 мг/кг нефти + биопрепарат	$1,86 \times 10^5$	$1,99 \times 10^5$
Фон+10000 мг/кг нефти + биопрепарат	$2,40 \times 10^4$	$1,10 \times 10^4$

Проведенные опыты показали, что невысокие концентрации нефти стимулируют численность бактерий (фон+2000 мг/кг почвы), поскольку углеводороды нефти являются для них субстратом питания, и такая тенденция сохраняется на протяжении всего исследования (табл.1). Внесение биопрепарата способствует увеличению количества бактерий на 90-ые сутки после загрязнения и в варианте с высоким уровнем загрязнителя (фон+1000 мг/кг почвы).

Известно, что микроскопические грибы играют особенно важную роль в деградации нефтепродуктов, являясь ключевыми компонентами микробного сообщества почвы. Они имеют мицелиальное строение, и за счет этого обладают большой адсорбционной поверхностью, что имеет немаловажное значение и при деструкции углеводородов нефти. Среди активных биодеструкторов нефти и нефтепродуктов выделяют грибы родов *Aspergillus*,

*Penicillium, Trichoderma, Fusarium, Mortierella, Mucor*, дрожжи – *Candida, Dabayomyces, Trichosporon* и др.

Полученные нами данные показывают, что микромицеты более устойчивы к нефтяному загрязнению. Так, если для бактерий нефть в концентрации 6000 мг/кг почвы являлась токсичной, то для грибов эта концентрация оказалась более благоприятной для жизнедеятельности. Отмечено, что в начале эксперимента, на 15-ые сутки после закладки опыта, наблюдалось снижение численности микромицетов во всех вариантах опыта, а к концу эксперимента, на 90-ые сутки, отмечен рост численности грибов, в том числе и в варианте 1000 мг нефти на 1 кг почвы (рис.1).

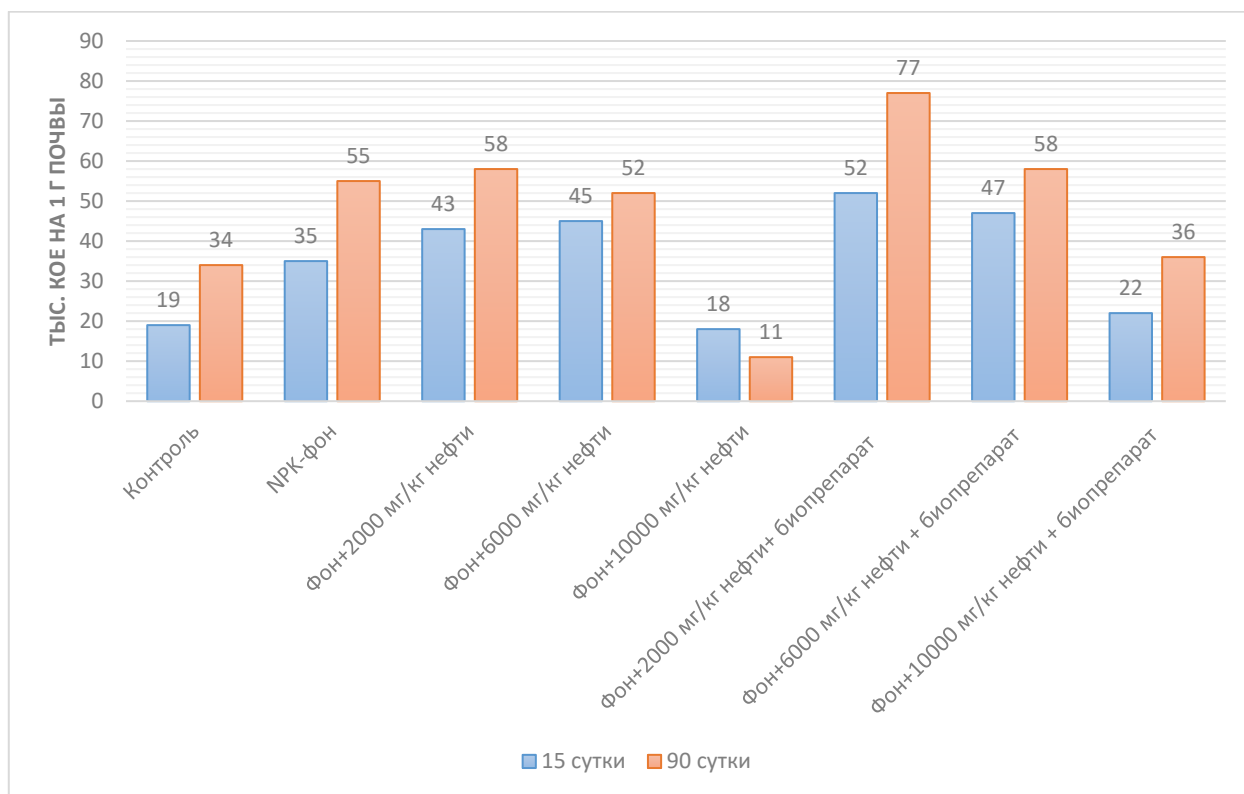


Рисунок 1. Влияние нефтяного загрязнения на количество микроскопических грибов  
Figure 1. The effect of oil pollution on the number of microscopic fungi

Устойчивость грибов к нефтяному загрязнению при больших концентрациях нефти и увеличение их численности в почве связаны с тем, что рН загрязненной почвы становится более кислой, что способствует росту и развитию микромицетов. Также высокая устойчивость почвенных грибов, возможно, связана с их высокой ферментативной способностью.

Актиномицеты – следующая физиологическая группа микроорганизмов, которая была нами рассмотрена на загрязненной почве. Они играют существенную роль в формировании почвенного микробиоценоза, деструкции и трансформации сложных органических комплексов, недоступных многим другим микроорганизмам. В подавляющем большинстве своем актиномицеты – аэробы.

Наши исследования по влиянию нефтяного загрязнения на актинобактерии показали, что в начале эксперимента (на 15-ые сутки) их численность возрастала. Максимальное их количество отмечено в варианте НРК-фон и фон+2000 мг нефти на кг почвы. Резкое снижение численности актиномицетов наблюдалось в вариантах фон+6000 мг и фон+1000 мг нефти на кг почвы (рис.2).

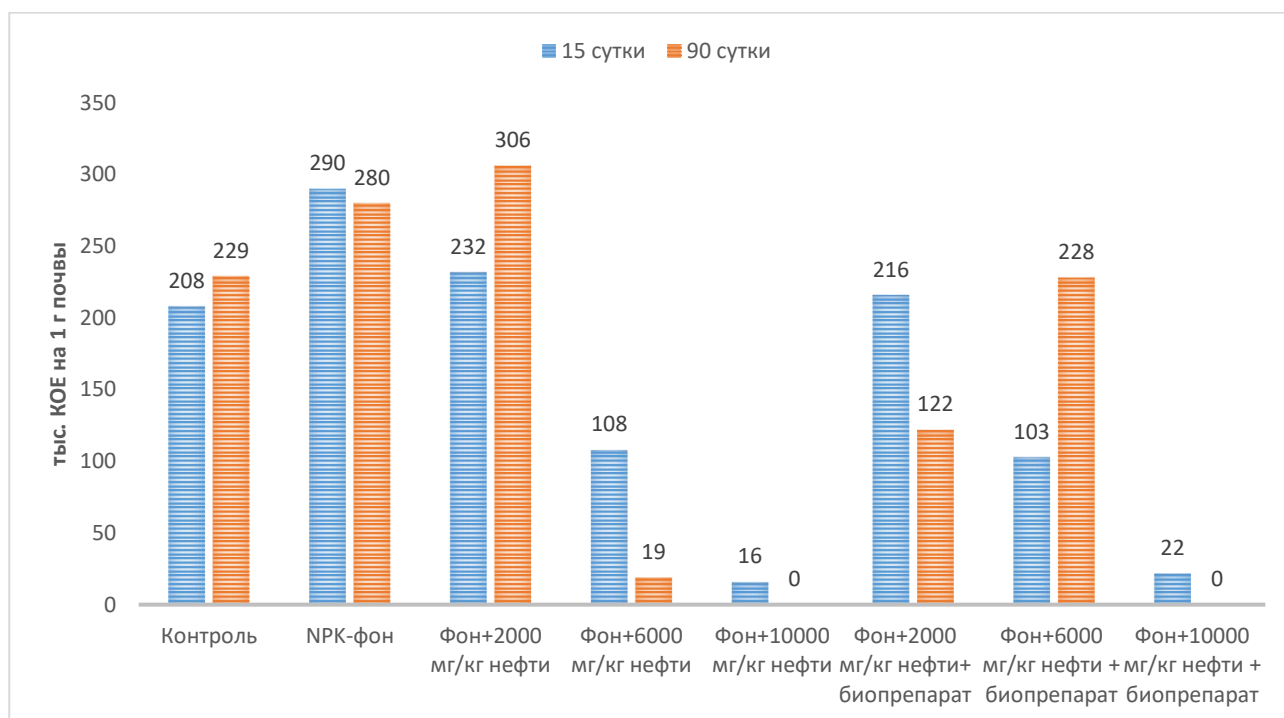


Рисунок 2. Влияние нефтяного загрязнения на количественное содержание актиномицетов  
Figure 2. The effect of oil pollution on the quantitative content of actinomycetes

Из литературных источников известно, что при попадании углеводородов нефти в почву возрастает отношение углерода к азоту, это сказывается на азотном режиме, и в дальнейшем приводит к обеднению почвы азотсодержащими соединениями. Данное явление оказывает негативное влияние на почвенную микробиоту.

Следующим этапом наших исследований являлась оценка численности diaзотрофных микроорганизмов. Для их культивирования нами была использована элективная среда Эшби. На этой среде, помимо видов *Azotobacter*, развиваются микроорганизмы, которым для жизнедеятельности достаточно малое количество азотистых соединений, присутствующих в среде в виде следов. Данные микроорганизмы относятся к различным систематическим группам, таким родам, как *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium* и др. Их объединяют под общим названием «олигонитрофилы».

Таблица 2. Влияние разного уровня нефтяного загрязнения на численность олигонитрофилов (КОЕ на 1 г почвы)

Table 2. The influence of different levels of oil pollution the number of oligonitrophiles CFU per 1 g of soil

Варианты опыта	Численность олигонитрофилов	
	15 сутки	90 сутки
Контроль	$1,04 \times 10^5$	$1,10 \times 10^5$
НРК-фон	$1,42 \times 10^5$	$1,53 \times 10^5$
Фон+2000 мг/кг нефти	$1,63 \times 10^5$	$1,82 \times 10^5$
Фон+6000 мг/кг нефти	$5,70 \times 10^4$	$7,10 \times 10^4$
Фон+10000 мг/кг нефти	$4,00 \times 10^4$	-
Фон+2000 мг/кг нефти + биопрепарат	$1,60 \times 10^5$	$1,90 \times 10^5$
Фон+6000 мг/кг нефти + биопрепарат	$1,50 \times 10^5$	$8,10 \times 10^4$
Фон+10000 мг/кг нефти + биопрепарат	$4,40 \times 10^4$	-

Динамика численности олигонитрофилов зависела от концентрации нефти. Данные, полученные нами, показали, что внесение биопрепарата существенно не повлияло на численность этой группы микроорганизмов (табл. 2). Отмечено, что закономерность изменения численности этой группы микроорганизмов под действием нефтяного загрязнения коррелировала с таковыми для актиномицетов. Например, концентрация нефти в почве, равная 10000 мг/кг, не позволила олигонитрофилам, так же, как и актиномицетам, восстановить свою численность через 90 дней после загрязнения.

Из биохимических показателей биологической активности почвы нами была рассмотрена динамика активности каталазы. Данный фермент относится к классу оксидоредуктаз. По активности каталазы можно охарактеризовать степень стабилизации протекающих в почве процессов, так как она блокирует перекись водорода, губительно влияющую на клетки живых организмов [12].

Результаты проведенных нами исследований показали, что активность каталазы возрастала в вариантах с нефтяным загрязнением. В варианте фон+2000 мг нефти на кг почвы активность фермента оказалась выше в 2-3 раза, по сравнению с контролем и вариантом NPK-фон. Максимальная активность фермента отмечена в варианте фон+2000 мг/кг+биопрепарат и составила 17,1 мл за 2 мин на 1 г почвы. Данное значение по шкале сравнительной оценки биологической активности почвы Гапонюк и Малахова расценивается как высокое. С внесением нефтедеструктора активность фермента незначительно увеличивалась, по сравнению с нефтезагрязненными вариантами без биопрепарата (на 15-ые сутки после загрязнения). Отмечено, что в варианте фон+10000 мг/кг нефти + биопрепарат активность каталазы возрастала только на 90-ые сутки (рис.3.) и составила 0,7 мл за 2 мин на 1 г почвы.

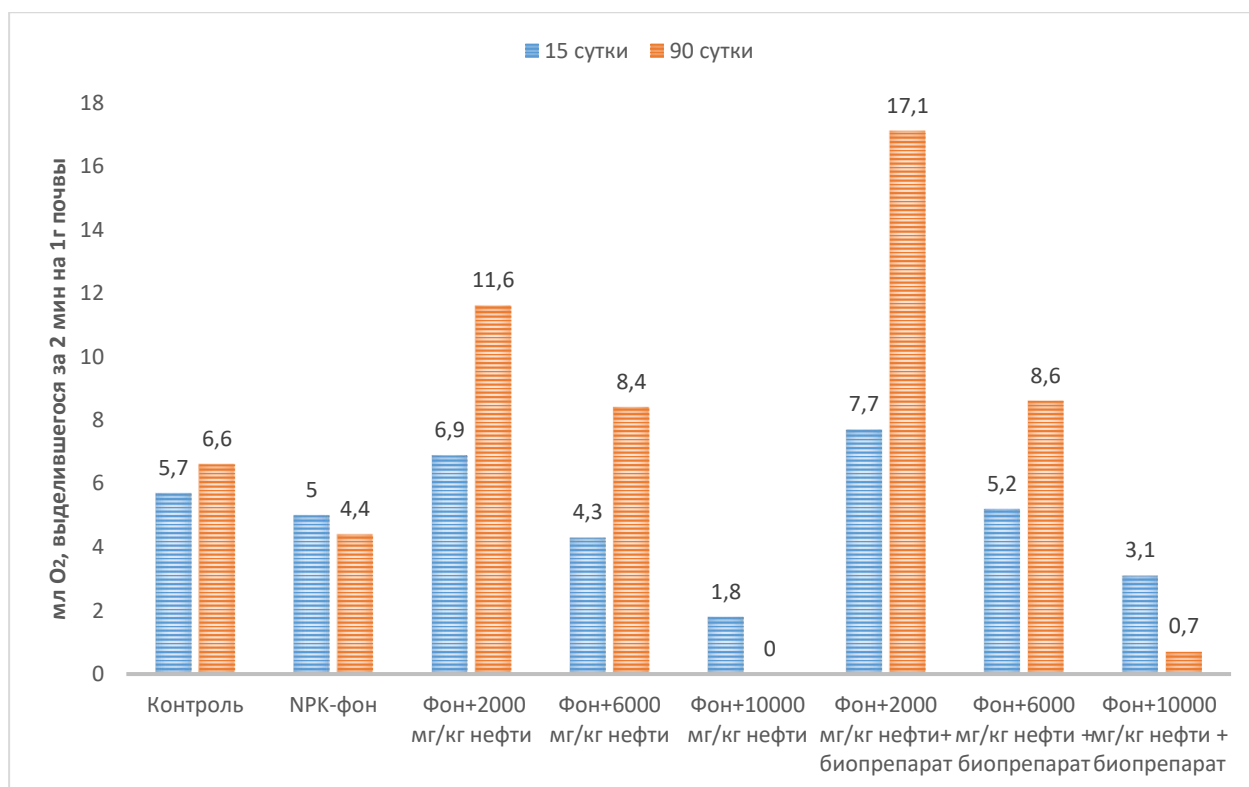


Рисунок 3. Влияние нефтяного загрязнения на активность каталазы

Figure 3. The effect of oil pollution on catalase activity

Из данных таблицы 3 видно, что в вариантах с применением микробиологического препарата степень деградации нефти в 5-8 раз выше по сравнению с аналогичным вариантом без биопрепарата.

Таблица 3. Влияние биопрепарата на степень деструкции углеводородов нефти  
(мг/кг, 90-ые сутки)Table 3. The effect of the biological product on the degree of destruction of petroleum hydrocarbons  
(mg/kg, 90th day)

Варианты опыта	Содержание нефтепродуктов	Степень деградации в %
Контроль	-	-
НРК-фон	-	-
Фон+2000 мг/кг нефти	1941	3,4
Фон+6000 мг/кг нефти	5854	2,4
Фон+10000 мг/кг + биопрепарат	9731	2,7
Фон+2000 мг/кг нефти + биопрепарат	1526	23,7
Фон+6000 мг/кг + биопрепарат	5119	14,7
Фон+10000 мг/кг + биопрепарат	8583	14,2
НСР 0,5	304	-

Самая высокая степень деградации отмечена в варианте фон+2000 мг/кг нефти + биопрепарат и составила 23,7%, а минимальная – в варианте фон+6000 мг/кг нефти, 2,4%.

**Выводы.** На основании проведённого анализа различных аспектов структуры микрофлоры нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы можно сделать следующее заключение: загрязнение нефтепродуктами влияет на численность общего количества микроорганизмов, качественный и количественный состав актиномицетов и олигонитрофилов. Также выявлено, что небольшие концентрации (2000 мг/кг) нефти стимулируют численность микробиоты и активность каталазы.

В ходе настоящего эксперимента отмечено, что наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению оказались актиномицеты и олигонитрофилы, численность которых не восстанавливается и к концу эксперимента, на 90-ые сутки после загрязнения. Отмечено, что на фоне внесения микробиологического деструктора восстанавливаются биологические показатели нефтезагрязненной почвы и снижается остаточное количество нефтепродуктов.

#### Список источников литературы

1. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6 (100). – С.642–645.
2. Никифоров А.С., Сивков Ю.В. Исследование эффективности биоремедиации нефтезагрязненных луговых почв юга Тюменской области // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2020. – №2. – С. 41-46.
3. Гамзаева Р.С. Применение биодеструктора Бак-Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (55). – С. 38-46.
4. Гамзаева Р.С. Количественная и качественная оценка биологической активности дерново-подзолистой почвы при применении бактериальных препаратов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (58). – С. 106-108.
5. Gamzaeva R S. Influence of oil pollution on the surface of the microbial community and catalase activity of sod-podzolic soil. Sci. Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". Vol. 723, 052023, (2021)
6. Karlapudi A.P. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review / A.P. Karlapudi, T.C. Venkateswarulu, J.Tammineedi, L.Kanumuri, B.K. Ravuru, V. Dirisala, V.P. Kodali // Petroleum. 2018. Vol. 4. № 3. Pp. 242-247. DOI: 10.1016/j.petlm.2018.03.007

7. Гоголева А.О., Немцова Н.В. Углевodorодоксиляющие микроорганизмы природных экосистем // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). – 2012. - № 2. - С. 1-7.
8. Tomei, M. C. Ex situ bioremediation of contaminated soils: An overview of conventional an innovative technologies / M. C. Tomei, A. J. Daugulis // Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. – 2013. – V. 43. – P. 2108-2136.
9. Roy, A. S. Bioremediation potential of native hydrocarbon degrading bacterial strains in crude oil contaminated soil under microcosm study / A. S. Roy, R. Baruah, M. Borah, A.K. Singh, H. P. D. Boruah, N. Saikia, T. C. Bora // Intern. Biodeterior. Biodegrad. – 2014. – V. 94. – P. 75-86.
10. Suja, F. Effects of local microbial bioaugmentation and biostimulation on the bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in crude oil contaminated soil based on laboratory and field observations / F. Suja, Rahim F., M. R. Taha, N. Hambali, M. R. Razali, A. Khalid // Int. Biodeter. Biodegr. – 2014.
11. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии – М.: МГУ, 1991. – С. 244-247.
12. Гамзаева Р.С., Ходжаев Р.С., Башарина М.В. Динамика активности гидролазно-оксидоредуктазного ферментного комплекса почвы в зависимости от инокуляции биопрепаратами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (62). – С. 91-101.

### References

1. SHarmaev, A.V. and SHorina, T.S. (2009), “Vliyanie nefi i nefteproduktov na razlichnye komponenty okruzhayushchej sredy”, *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, voi. 6 no. 100, pp.642 – 645.
2. Nikiforov, A.S. and Sivkov, YU.V. (2020), “Issledovanie effektivnosti bioremediacii neftezagryaznennyh lugovyh pochv yuga Tyumenskoj oblasti”, *ZHurnal «Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki»*, no.2, pp. 41-46.
3. Gamzaeva, R.S. (2019), “Primenenie biodestruktora Bak – Verad na dernovo-podzolistoj pochve, zagryaznennoj nefteproduktami”, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. no.55. pp. 38-46.
4. Gamzaeva, R.S. (2020), “Kolichestvennaya i kachestvennaya ocenka biologicheskoy aktivnosti dernovo-podzolistoj pochvy pri primenenii bakterial'nyh preparatov”, *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 1 no.58, pp. 106-108.
5. Gamzaeva, R.S. (2021), “Influence of oil pollution on the surface of the microbial community and catalase activity of sod-podzolic soil. Sci. Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". Vol. 723, 052023,
6. Karlapudi, A.P., Venkateswarulu, T.C., Tammineedi, J., Kanumuri, L., K. Ravuru, B., Dirisala, V. and Kodali, V.P. (2018), “Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review”, *Petroleum*. Vol. 4. no. 3. pp. 242-247. doi: 10.1016/j.petlm.2018.03.007.
7. Gogoleva, A.O. and Nemcova, N.V. (2012), “Uglevodorodokislyayushchie mikroorganizmy prirodnyh ekosistem”, *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN (elektronnyj zhurnal)*, no. 2, pp. 1-7.
8. Tomei, M.C. and Daugulis, A.J. (2013), “Ex situ bioremediation of contaminated soils: An overview of conventional an innovative technologies”, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*, V. 43, pp. 2108-2136.
9. Roy, A.S., Baruah, R., Borah, M., Singh, A.K., Boruah, H.P.D., Saikia, N. and Bora, T.C. (2014), “Bioremediation potential of native hydrocarbon degrading bacterial strains in crude oil contaminated soil under microcosm study”, *Intern. Biodeterior. Biodegrad*, V. 94. pp. 75-86.
10. Suja, F., Rahim, F., Taha, M.R., Hambali, N., Razali, M.R. and Khalid, A. (2014), “Effects of local microbial bioaugmentation and biostimulation on the bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in crude oil contaminated soil based on laboratory and field observations”, *Int. Biodeter. Biodegr.*
11. Zvyaginцев, D.G. (1991), “Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii”, M., MGU, pp. 244-247.
12. Gamzaeva, R.S., Khodzhaev R.S. and Basharina M.V. (2021), “Dynamics of the activity of hydrolases of the na-oxidoreductase enzyme complex of the soil depending on inoculation with biological products” *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, vol. 1, no. 62, pp. 91-101. Sankt-Peterburg, Rossiya.



**Сведения об авторах**

**Рафина Саидметовна Гамзаева** – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2391-6208.

**Information about the authors**

**Rafina S. Gamzaeva** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2391-6208.

**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.** 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 31.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 05.03.2022 г.; принята к публикации 12.03.2022 г.*

*The article was submitted 31.01.2022; approved after reviewing 05.03.2022; accepted after publication 12.03.2022.*

Научная статья

УДК 636.1.082.265

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-97-103

**ВЛИЯНИЕ ЙОДИДА КАЛИЯ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА  
УТОК КРОССА «МЕДЕО»**

**Амангельды Рустанович Рустанов<sup>1</sup>, Нурлыгул Жанболатовна Елеугалиева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский университет имени М.Утемисова,  
проспект Н. Назарбаева, д. 162, Уральск; 090000, Казахстан; rustenov@ mail.ru;  
[http:// orcid.org/0000-0002-9858-6868](http://orcid.org/0000-0002-9858-6868)

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,  
ул. Жангир хана д. 51, Уральск; 090009, Казахстан; Nur\_el70 @ mail.ru;  
[http:// orcid.org/0000-0002-3845-9031](http://orcid.org/0000-0002-3845-9031)

**Реферат.** Исследования проведены в условиях Приуралья на утках кросса «Медео», где утята до 10-ти дней содержались под брудерами, затем на вольерах. Рационы контрольной группы состояли из основных местных кормов Приуралья. К основному рациону (ОР) добавлен йодид калия в дозах: 1-ую опытную – 0,05 мг/кг, соответственно, 2-ую – 0,10, 3-ью – 0,15 мг/кг. Установлено, что добавление препарата повышает живую массу утят по сравнению с контрольной: на 4-й неделе по 1-й опытной группе выше на 25 г, соответственно, 2-й – на 44 г и 3-й – на 30 г. В 49-дневном возрасте живая масса в контрольной группе составила 2646 г, а в опытных 1-й – 2722 г, 2-й – 2722 и 3-й – 2834 г, или в опытных группах превышение живой массы составило 2-88-10,29%. Среди экспериментальных групп лучшие показатели по среднесуточному приросту во 2-й группе 54,49 г, или выше контрольной на 10,29%. Установлено, что препарат улучшает сохранность молодняка до 49-дневного возраста (3,25-4,62%) по сравнению с контрольной группой. Лучшие показатели роста, развития и мясные качества получены при добавлении препарата 0,10 мг/кг корма. Химические анализы мяса утят в 49-дневном возрасте показали, что йодид калия положительно влияет на массовую долю белка в мясе (0,22-0,66%), по сравнению с контрольной группой. Калорийность 100 г мяса во 2-й опытной группе выше на 11,36 ккал. Йодид калия повышает предубойную массу на 2,87-7,10% и соотношение мяса к костям. Установлено также положительное влияние препарата на развитие внутренних органов молодняка утят.

**Ключевые слова:** йодид калия, кросс «Медео», среднесуточный рост, мясные качества

**Цитирование.** Рустанов А.Р., Елеугалиева Н.Ж. Влияние йодида калия на рост, развитие и мясные качества уток кросса «Медео» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 97-103. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-97-103.

## INFLUENCE OF POTASSIUM IODIDE ON GROWTH, DEVELOPMENT AND MEAT QUALITIES OF DUCKS OF THE CROSS "MEDEO"

Amangeldy R. Rustenov<sup>1</sup>, Nurlygul Zn. Ueleuqalieva<sup>2</sup><sup>1</sup>Mahambet Utemisov West Kazakhstan *university*. Uralsk, 162 Nursultan Nazarbayev Avenue 090000, Republic of Kazakhstan; rustenov@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9858-6868><sup>2</sup>Zhangir Khan West-Kazakhstan Agrarian-Technical University. Uralsk, Zhangir Khan street 51. Republic of Kazakhstan; Nur\_el70@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3845-9031>

**Abstract.** The studies were carried out on ducks of the Medeo cross in the Urals where Ducklings were kept under brooders for up to 10 days with subsequent transfers to aviaries. The effect of adding potassium iodide (0.05-0.15 mg / kg) to the main diet of ducklings was experimentally studied. It was found that the addition of the preparation improves the growth, development and preservation capacity of growing birds. The live weight in the experimental groups reached 2722-2834 grams by the age of 49 days, which is 2-88-10.29% higher than in the control group. The preparation improves the preservation capacity of growing birds up to 94.66%, versus 17.74% in the control group. The best indicators of growth, development and meat quality were obtained by adding the preparation to the main diet at a dose of 0.1 mg / kg. Potassium iodide increases the pre-slaughter weight, in comparison with the control group, by 2.87-7.1% and the ratio of meat to bones. Chemical analysis of meat of ducklings at 49 days of age showed that potassium iodide has a positive effect on the mass protein fraction in meat (0.22-0.66%), compared with the control group. The caloric content of 100 g of meat in the 2nd experimental group is higher by 11.36 kcal. The positive effect of the drug on the development of the internal organs of young ducklings was also established.

**Keywords:** *potassium iodide, cross "Medeo", average daily growth, meat quality*

**Citation.** Rustenov, A.R. and Ueleuqalieva, N.Zn. (2022), "Influence of potassium iodide on growth, development and meat qualities of ducks of the cross "Medeo"", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 97-103 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-97-103.

**Введение.** Известно, что Приуралье по всем параметрам относится к биогеохимической провинции с характерными признаками йододефицита. Безусловно, это оказывает негативное влияние на состояние организма всех видов фауны, обитающих в Каспийской низменности, в том числе и домашних птиц. Работами ряда ученых доказано положительное влияние йода на метаболические процессы в организмах разных животных [1, 2]. В работах В.И. Фисинина, И. А. Егорова и других показано регулирование микроэлементов в рационах птицы [3], влияние йода на метаболические процессы в организме. С.Н. Аухатовой [4], О.Ю. Ширяевой [5] отмечено влияние йода на содержание витаминов и каротиноидов у макроорганизмов. В работах Л. Гаврикова [6] показаны способы использования йода в кормлении цыплят-бройлеров. Никулин В.Н. [7], применяя у цыплят-бройлеров на фоне совместного использования тетралактобактерина и йодида калия, получил высокие показатели роста и развития молодняка у кур. Л.В. Растопшина [8], используя йод, Т.А. Пашина и В.Н. Никулин [9], применяя йод в комплексе с тетралактобактерином и селеном, установили повышение продуктивности цыплят-бройлеров и улучшение качественных показателей мяса.

В доступных литературных источниках мы не обнаружили работы по исследованию влияния йодида калия на уток, а также, учитывая йододефицитность Приурального региона, было решено провести экспериментальные работы по изучению влияния йодида калия на рост, развитие, сохранность и мясные качества уток кросса «Медео».

**Целью исследования** является изучение влияния добавленной к основному рациону различной дозы йодида калия на сохранность, рост, развитие и мясные качества уток кросса «Медео».

**Материалы, методы и объекты исследования.** Работы проведены на утиной ферме «Переметное» и в лабораториях университетов. Контрольная группа скармливалась основным рационом (ОР), состоящим из местных кормов Приуралья, в состав которых входило: смеси зерновых культур (кукурузы, ячменя, пшеницы, просы) – 69%, мясокостной муки – 2,5%, жмыхи подсолнечника – 3,0%, рыбной муки – 1,5%, измельченные зеленые разнотравья – 22%; кормовые дрожжи – 2%. Рационы опытных групп состояли из того же основного рациона, но к ним были добавлены йодид калия в различных дозах: в 1-ую – 0,05 мг/кг, 2-ую – 0,10, 3-ью – 0,15 мг/кг. В отдельных корытах постоянно содержалось мел, соль и гравий.

В процессе проведения опыта учитывалось: живая масса в течение 7 недель, расходы кормов, падеж, а после убоя утят мясные качества тушек, масса внутренних органов молодняка уток и показатели химического состава средней пробы мяса. Анатомическая разделка тушек для определения морфологических показателей проводилась по общепринятой методике (Имангулов Ш.А. и др. [10]), разделка тушек по Лукашенко В.С. и др. [11]. Химические и биохимические анализы проведены в лабораториях университетов.

Содержание утят до 7-дневного возраста проводили на глубокой несменяемой подстилке под брудерами, с последующим переводом на вольеры. Параметры микроклимата под брудерами соответствовали нормативам рекомендации для выращивания утят, кормили их 5-6 раз в сутки, поение осуществлялось из желобковых поилок.

Убой утят проводили в возрасте 49 дней, разделка туши проведена с определением массы мышц, костей, кожи с подкожным и внутренним жиром, массы грудных и ножных мышц, выхода съедобных частей туши.

**Результаты исследований.** Живая масса отобранных суточных утят составляла 52 г и соответствовала 1-й категории. Измерения живой массы проводили еженедельно, до 49-дневного возраста молодняка уток (табл. 1).

Таблица 1. Влияние йодида калия на живую массу утят в зависимости от возраста уток кросса «Медео», n=220 гол.

Table 1. Influence of potassium iodide on the live weight of ducklings depending on the age of ducks of the "Medeo" cross, 220 goals

Дни	Контрольная группа (ОР)	Опытные группы		
		1-ая	2-ая	3-ья
1	52±0,02	52±0,01	52±0,02	52±0,03
7	158±0,29	159±0,24	162±0,41	161±0,26
14	443±0,91	451±0,86	472±0,67	467±0,79
21	864±2,04	883±2,84	937±1,82	923±1,76
28	1432±2,78	1457±2,49	1476±2,32	1462±2,41
35	1943±3,12	1926±4,17	1948±3,82	1924±3,93
42	2328±4,36	2345±4,16	2428±3,48	2398±3,94
49	2646±4,87	2722±4,68	2834±3,96	2807±4,98
Сохранность, %	86,92	90,17	91,54	91,08

Анализы изменения живой массы в группах до 49-дневного возраста показали превосходство во всех опытных группах по сравнению с контрольной (табл. 1). Повышение живой массы утят по сравнению с контрольной на 4-й недели составило по 1-й опытной группе 25 г, соответственно, 2-й – 44 г и 3-й – 30 г. Превосходство по живой массе в опытных группах сохранялось до забоя (49 дней). Особо среди опытных групп высокими показателями отличалась 2-ая опытная группа, у которой разница по живой массе над контрольной в конце опыта составила 188 г. Положительное влияние йодида калия оказывало и на сохранность

молодняка. Так, в опытных группах сохранность за весь период выращивания составила 90,17-92,54%, а в контрольной – 86,92%, разница составляет 3,25-4,62%. Следовательно йодид калия улучшает обменные процессы в организме и способствует адаптации к среде обитания утят.

Анализ влияния йодида калия на общую продуктивность молодых утят представлен в таблице 2. Из данных таблицы видно, что среднесуточный прирост в опытных группах составил 54,49-56,77 г, это выше, чем у контрольной группы, на 1,56-3,84 г. Среди экспериментальных групп лучшие показатели по среднесуточному приросту во 2-й группе, у них выше, чем у контрольной, на 10,29%.

Таблица 2. Влияние йодида калия на общую продуктивность до 49-дневного возраста, М±m  
Table 2. Effect of potassium iodide on overall productivity up to 49 days of age, M±m

Показатели	Контрольная группа (ОП)	Опытные группы		
		1-ая	2-ая	3-ья
Живая масса в начале эксперимента, г	52±0,02	52±0,01	52±0,02	52±0,03
Живая масса в конце эксперимента, г	2646±4,87	2722±4,68	2834±3,96	2807±4,98
Валовый прирост, г	2594±4,82	2670±3,93	2782±4,11	2755±4,38
Среднесуточный прирост, г	52,93±0,21	54,49±0,27	56,77±0,18	56,22±0,23
Относительный прирост, %	100,0	102,92	107,25	106,21
Затраты кормов на 1 голову, кг	7,72	7,88	7,92	7,91

При изучении влияния йодида калия на общую продуктивность важное значение имела живая масса в конце эксперимента и затраты кормов. Установлено, что живая масса в опытных группах составила 2670-2782 г против контрольной 2646 г, это выше чем на 76-188 г. Последний показатель получен при добавлении к основному рациону в дозе 0,10 мг/кг йодида калия. Важным показателем является при выращивании молодняка утят затраты кормов на весь период откорма. По сравнению с контрольной (7,72 кг) в опытных группах этот показатель несколько выше (1,6-2,0 кг). Это связано с более лучшими темпами роста и развития молодняка в периоды содержания.

По достижении 49-дневного возраста утки были забиты с анатомической разделкой туши (табл. 3). При этом установлено, что масса потрошенных тушек по контрольной группе составляет 1807,2 г, а у опытных – 1889,1-1986,6 г, разница между опытной и контрольной составила 81,9-179,4 г. Также были различия между контрольной и опытными группами по массе кожи с подкожным жиром 8,3-20,4 г, по массе внутреннего жира 0,9-1,6 г, по массе грудных мышц 2,1-22,5 г и общей массе мышцы 85,4-132,8 г.

Соотношение всего мяса к костям по 2-й опытной группе составило 3,59%, или выше, чем в контрольной, на 0,42%. В процессе убоя было определено влияние йодида калия на массу внутренних органов. Установлено, что включение в состав основного рациона йодида калия способствует лучшему развитию всех внутренних органов. Так, например, масса сердца в контрольной группе была 11,4 г, а во 2-й опытной – 12,3 г, или больше на 7,89%, соответственно, легкие – 13,8 г и 14,4 г, или на 4,34%, печень – 57,5 г и 59,1 г, или на 2,78%, копчиковая железа – 3,12 г и 3,24 г, или на 3,84%. Следовательно йодид калия положительно влияет на рост и развитие всех внутренних органов утят.

Таблица 3. Результаты анатомической разделки тушек утят в 49-дневном возрасте, М±m  
Table 3. Results of anatomical butchering of ducklings at 49 days of age, M±m

Показатели	Контрольная группа (ОР)	Опытные группы		
		1-ая	2-ая	3-ья
Предубойная масса, г	2646±4,87	2722±4,68	2834±3,96	2807±4,98
Масса потрошенных тушек, г	1807,2	1889,1	1986,6	1959,3
Выход потрошенных тушек по сортности: %				
1 категория	91,6	91,8	92,3	92,1
2 категория	8,4	8,2	7,7	7,9
Масса кожи с подкожным жиром, г	584,3	592,6	604,7	601,8
Масса внутреннего жира, г	51,5	52,4	53,1	52,8
Масса грудных мышц, г	317,1	319,2	339,6	331,3
Масса мышцы бедра, г	294,6	312,8	327,8	321,7
Масса мышцы голени, г	248,6	262,4	272,8	268,1
Масса мышцы крыльев, г	49,6	51,3	52,9	51,4
Масса костяка, г	271,3	272,5	276,1	268,4
Общая масса мышц, г	860,3	945,7	993,1	972,5
Соотношение всего мяса к костям, %	3,17	3,47	3,59	3,62

Проведенные химические анализы мяса утят в 49-дневном возрасте показали, что йодид калия положительно влияет на массовую долю белка в мясе (табл.4). Так, содержание массовой доли белка в средней пробе мяса в контрольной группе составило 17,91%, а в 1-й опытной – 18,13%, или выше на 0,22%, соответственно, во 2-й выше на 0,66% и в 3-й – на 0,55%. Помимо высокого содержания белка во всех экспериментальных группах содержание жира также было выше, чем в контрольной группе.

Таблица 4. Химический состав средней пробы мяса молодых уток кросса «Медео», М±m  
Table 4. The chemical composition of the average sample of meat of young ducks of the cross "Medeo", M± m

Показатели	Контрольная группа (ОР)	Опытные группы		
		1-ая	2-ая	3-ая
Массовая доля, %:				
белков	17,91	18,13	18,57	18,46
жиров	27,54	27,57	27,89	27,64
зола	1,03	1,03	1,03	1,03
влаги	53,52	53,27	52,51	52,87
Калорийность, 100 г	329,50	336,09	340,86	330,89

Анализ результатов таблицы 3 и 4 показывают, что добавление в корм утятам йодида калия (в дозах 0,05-0,15 мг/кг) повышает мясные качества, соотношение всего мяса к костям и улучшает химический состав мяса молодняка утят.

**Выводы.** Результаты проведенных исследований в йододефицитной зоне позволяют сделать выводы, что добавление йодида калия к основному рациону утят кросса «Медео» в пределах 0,05–1,5 мг/кг до 49 дней увеличивает скорость их роста, улучшает качество мясных продуктов, которые приводят к повышению их биологической ценности. Наряду с этим йодид калия улучшает сохранность молодняка на 3,25-4,62%, следовательно, препарат улучшает обменные процессы организмов и способствует снижению стрессовых факторов к среде содержания утят. Наивысшие результаты из исследованных доз йодида калия получены при

добавлении йодида калия к основному рациону молодняка в дозе 0,10 мг/кг. Таким образом, в йододефицитной зоне при выращивании утят вполне можно применять йодид калия в указанных дозах совместно с основным рационом.

#### Список источников литературы

1. Angelow, L., Tsvetkova, V. and Jahreis, G. (2011), "Influence of different selenium and iodine offer during the grazing period of sheep on the milk yield, milk performance and daily protein, fat and lactose secretion", *bulg. j. agric. sci.* 17 (2): 139-144.
2. Li Q, Mair C, Schedle K, Hammerl S, Schodl K, Windisch W: Effect of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs. *Eur J Nutr* 2012, 51: 685-691.
3. Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. Кормление сельскохозяйственной птицы. – Сергиев Посад, 2005. – 376 с.
4. Аухатова С.Н. Влияние йода на метаболические процессы в организме // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 1. – С. 32-33.
5. Ширяева О.Ю. Влияние препаратов йода и пробиотика на содержание витамина и каротиноидов в макроорганизме // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 28-31.
6. Гаврикова Л.М. Способ использования йода в кормлении цыплят-бройлеров // Зоотехния. – 2007. – № 4. – С.13-15.
7. Никулин В.Н., Герасименко В.В., Пикулик А.А. Динамика зоотехнических показателей цыплят-бройлеров на фоне совместного применения тетралактобактерина и йодида калия// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №2(70). – С.238-241.
8. Растопшина Л.В. Йод в рационе цыплят-бройлеров и его влияние на мясность тушек и качество мяса // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – С.75-77.
9. Пашинина Т.А., Никулин В.Н. Продуктивные качества цыплят-бройлеров при комплексном использовании тетралактобактерина, препаратов селена и йода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №2(70). – С.235-238.
10. Имангулов Ш.А., Егоров И.А., Околелова Т.М. Методика проведения научных и производственных исследований с.-х. птицы. – Сергиев Посад, 2000. – 55 с.
11. Лукашенко В.С., Лысенко М.А., Столяр Т.А. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц / Всерос. науч.-исслед. и технол. ин-т птицеводства. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. – 27 с.

#### References

1. Angelow, L., Tsvetkova, V. and Jahreis, G. (2011), "Influence of different selenium and iodine offer during the grazing period of sheep on the milk yield, milk performance and daily protein, fat and lactose secretion", *bulg. j. agric. sci.* 17 (2): 139-144.
2. Li, Q., Mair, C., Schedle, K., Hammerl, S., Schodl, K. and Windisch W. (2012), "Effect of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs", *Eur J. Nutr.* 51, pp. 685–691.
3. Fisinin, V.I., Egorov, I.A., Okolelova, T.M. and Imangulov, Sh.A. (2005), "Poultry feeding", *Sergiev Posad*, 376 p.
4. Aukhatova, S.N. (2006), "Influence of iodine on metabolic processes in the body", *Successes of modern natural science.* no. 1, pp. 32-33.
5. Shiryaeva, O.Yu. (2015), "Influence of iodine and probiotic preparations on the content of vitamin and carotenoids in the macroorganism", *Modern problems of science and education*, no. 3, pp. 28-31.
6. Gavrikova, L.M. (2007), "Method of using iodine in feeding broiler chickens", *Animal husbandry*, no. 4, pp.13-15.
7. Nikulin, V.N., Gerasimenko V.V. and Pikulik A.A. (2018), "Dynamics of zootechnical indicators of broiler chickens against the background of the combined use of tetralactobacterin and potassium iodide", *News of the Orenburg State Agrarian University*, no. 2 (70), pp. 238-241.
8. Rastopshina, L.V. (2020), "Iodine in the diet of broiler chickens and its effect on carcass meat content and meat quality", *Bulletin of Altai State Agrarian University*, pp.75-77.

9. Pashinina, T.A. and Nikulin V.N. (2018), "Productive qualities of broiler chickens with the complex use of tetralactobacterin, selenium and iodine preparations", *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*, no. 2 (70), pp. 235-238.
10. Imangulov, Sh.A., Egorov, I.A. and Okolelova, T.M. (2000), "Methodology for scientific and industrial research of agricultural poultry", *Sergiev Posad*, 55 p.
11. Lukashenko, V.S., Lysenko, M.A. and Joiner, T.A. (2004), "Methodological recommendations for anatomical cutting of carcasses and organoleptic assessment of the quality of meat and eggs of poultry and morphology of eggs", *Vseros. nauch.-issled. and technol. Institute of poultry farming*, Sergiev Posad: VNITIP, 27 p.

#### Сведения об авторах

**Рустенов Амангельды Рустенович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Биология и экология», Западно-Казахстанский университет имени М.Утемисова, spin-код 7218-1310; Scopus ID 55898371800; Researcher ID 424210.

**Елеугалиева Нурлыгул Жанболатовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Высшей школы Ветеринарии и биобезопасности, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана.

**Amangeldy R. Rustenov** – Doctor of Agricultural Sciences, professor, professor of the department of "Biology and Ecology" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan "Mahambet Utemisov West Kazakhstan university" spin-code: 7218-1310; Scopus ID 55898371800; Researcher ID 424210.

**Nurlygul Zn. Ueleuqalieva** – candidate of agricultural sciences, senior lecturer. Zhangir Khan West-Kazakhstan Agrarian-Technical 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 25.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.03.2022 г.; принята к публикации 22.03.2022 г.*

*The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted after publication 22.03.2022.*



Научная статья

УДК 663.915

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-104-113

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ  
ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШАЮЩИХ НАГРУЗОК  
В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРАХ**

**Марина Михайловна Беззубцева<sup>1</sup>, Владимир Сергеевич Волков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия;  
mysnegana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия;  
vol9795@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

**Реферат.** В статье представлены результаты исследований условий проектирования электромеханических диспергаторов со стабильными характеристиками энергоэффективности и заданными стандартом качественными показателями выпускаемой продукции различного целевого назначения. Аналитический обзор электрофизических и механических способов механоактивации и конструктивных особенностей аппаратов, реализующих электромагнитный способ формирования диспергирующих нагрузок в магнитоожигенном слое ферротел в смеси с перерабатываемым продуктом, позволил сделать вывод, что способ создания разрушающих напряжений в материале является приоритетным фактором, определяющим энергоемкость готовых изделий. Электромеханические диспергаторы, в которых ударно-стирающие нагрузки формируются с использованием двух потоков энергии (энергии постоянного электромагнитного поля и энергии от приводного электродвигателя), можно рассматривать как усилители мощности, обеспечивающие минимальные потери энергии при ее трансформации в энергию разрушения материала. С целью исключения застойных зон и равномерного распределения силового воздействия по частицам продукта по всему рабочему объему аппаратов проведены исследования динамических характеристик движения ферротел при формировании диспергирующих нагрузок с использованием уравнений Лагранжа второго рода. На основании анализа дифференциальных уравнений движения цепочки из ферротел установлено, что одним из основных условий эффективной работы электромеханических диспергаторов является создание устойчивых оснований структурных построений из феррочастиц. На основании исследований скоростных и электромагнитных режимов аппаратов установлено, что действие центробежной силы можно компенсировать как путем увеличения м.д.с. обмотки управления, так и за счет выполнения корпуса устройств конической формы. Эти условия реализованы в устройствах путем принятия комплекса конструктивных решений и модернизации формы поверхностей, ограничивающих их рабочий объем. Новизна предложенных решений подтверждена патентами РФ на изобретения.

Экспериментальными исследованиями подтверждена эффективность принятых решений. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что аппараты — электромеханические диспергаторы с внедрением в их конструкцию обоснованных в статье

конструктивных решений обеспечивают производство качественного продукта с минимальными затратами энергии.

**Ключевые слова:** способ электромагнитной механоактивации, электромеханический диспергатор

**Цитирование.** Беззубцева М.М., Волков В.С. Теоретические и экспериментальные исследования методов интенсификации процессов разрушающих нагрузок в электромеханических диспергаторах// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 104-113, doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-104-113.

## THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF METHODS OF INTENSIFICATION OF DESTRUCTIVE LOAD PROCESSES IN ELECTROMECHANICAL DISPERSANTS

**Marina M. Bezzubtseva<sup>1</sup>, Vladimir S. Volkov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; mysnegana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; vol9795@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

**Abstract.** The article presents the results of studies of the design conditions of electromechanical dispersants with stable energy efficiency characteristics and quality indicators of multipurpose products specified by the standard. An analytical review of electrophysical and mechanical methods of mechanical activation and design features of devices implementing an electromagnetic method of forming dispersing loads in a magnetically liquefied ferroelements layer mixed with a processed product allowed us to conclude that the method of creating destructive stresses in the material is a priority factor determining the energy intensity of finished products. Electromechanical dispersants, in which shock-abrasion loads are formed using two energy flows (the energy of a constant electromagnetic field and energy from a drive electric motor), can be considered as power amplifiers that ensure minimal energy losses during its transformation into the energy of destruction of the material. In order to exclude stagnant zones and the uniform distribution of the force effect on the product particles throughout the device working volume, studies of the dynamic characteristics the ferroelement movement during the formation of dispersing loads using Lagrange equations of the second kind were carried out. Based on the analysis of the differential equations of motion of a chain of ferroelements, it is established that one of the main conditions for the effective operation of electromechanical dispersants is the creation of stable bases of structural constructions from ferroparticles. Based on studies of the high-speed and the electromagnetic device modes, it was found that the effect of centrifugal force can be compensated both by increasing the magnetomotive force of the control winding, and by making the device body conical. These conditions are implemented in devices by adopting a set of design solutions and upgrading the shape of surfaces that limit their working volume. The novelty of the proposed solutions is confirmed by patents of the Russian Federation for inventions.

Experimental studies have proved the effectiveness of the taken decisions. The analysis of the obtained experimental data showed that the devices - electromechanical dispersants when introducing of constructive solutions justified in the article into their design ensure the production of a high-quality product with minimal energy costs.

**Keywords:** method of electromagnetic mechanical activation, electromechanical dispersant

**Citation.** Bezzubtseva M.M., Volkov V.S. (2022) “Theoretical and experimental studies of methods of intensification of destructive load processes in electromechanical dispersants”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 104-113 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-104-113.

**Введение.** Актуальность работы заключается в необходимости выявления оптимальных условий переработки сельскохозяйственного сырья на предприятиях агропромышленного комплекса, позволяющих выпускать готовые изделия широкого ассортимента с высокими показателями качества и стабильными параметрами энергоэффективности. Решение задачи минимизации энергоемкости выпускаемой продукции (основного показателя энергоэффективности всего производства) требует проведения комплексных системных исследований как процессов и аппаратов, так и методов их активации с выявлением закономерностей на базе теоретических и экспериментальных исследований.

По виду энергетического воздействия на перерабатываемый материал все известные в настоящее время способы активации можно сгруппировать в массив механических, физических, химических и термических процессов. Анализ физической сущности механической и электрофизической групп активации, как наиболее распространенных на предприятиях отрасли и наиболее эффективных с точки зрения установленных стандартом экологических требований, показал, что способ создания разрушающих напряжений в материале является приоритетным фактором, определяющим энергоемкость выпускаемой продукции. Как показали исследования энергетического баланса активаторов [1], подводимая к аппарату для реализации процесса энергия трансформируется в другие виды энергии, в том числе (частично) и в накопительную (энергию активации материала), которая способствует интенсификации многих процессов, включенных согласно технологии переработки в аппаратную линию производства. В работах [1, 2] представлены исследования, подтверждающие, что электромеханические диспергаторы можно рассматривать как усилители мощности, обеспечивающие минимальные потери энергии при ее трансформации в энергию разрушения материала.

**Цель исследования** — разработка рекомендаций по проектированию энергоэффективных электромеханических диспергаторов, обеспечивающих минимизацию энергоемкости выпускаемой продукции.

Для достижения этой цели проведены комплексные системные исследования как процессов и аппаратов – электромеханических диспергаторов, так и методов их активации с выявлением закономерностей на базе теоретических и экспериментальных исследований.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования основаны на базовой теории электромагнитного способа механоактивации продуктов в магнитооживленном слое размольных ферромагнитных элементов. Используются результаты теоретических и экспериментальных исследований физико-механических процессов, происходящих в объемах обработки продуктов с мелющими телами под действием двух потоков энергии: энергия постоянного электромагнитного поля и энергия от приводного электродвигателя. Исследования проведены методами анализа и синтеза, широко использован системный подход при выявлении закономерностей формирования разрушающих нагрузок в рабочих объемах электромеханических диспергаторов. При установлении условий проектирования электромеханических диспергаторов со стабильными параметрами энергоэффективности применен метод Лагранжа второго рода и дипольная модель Максвелла «о силовом контактом взаимодействии феррошаров в магнитном поле». Для визуального подтверждения исследуемых процессов широко использован метод высокоскоростного фиксирования (ультра рапид). Обработка результатов исследований процесса механоактивации в аппаратах, представляющих предмет изобретений, проведена с использованием метода экспериментально-статистического анализа.

**Результаты исследований.** В результате теоретических и экспериментальных исследований физико-механических процессов в магнитоожигенном слое размольных ферроэлементов установлено, что их целенаправленная переориентация с разностью скоростей в рабочих объемах механоактиваторов обеспечивается при соблюдении условия равномерного распределения разрушающих нагрузок по объему обработки продукта.

На макетах, моделирующих рабочие зоны устройств с магнитоожигенным слоем, методом высокоскоростного фиксирования выявлена последовательность формирования контактных силовых взаимодействий между сферическими ферротелами (рис. 1).

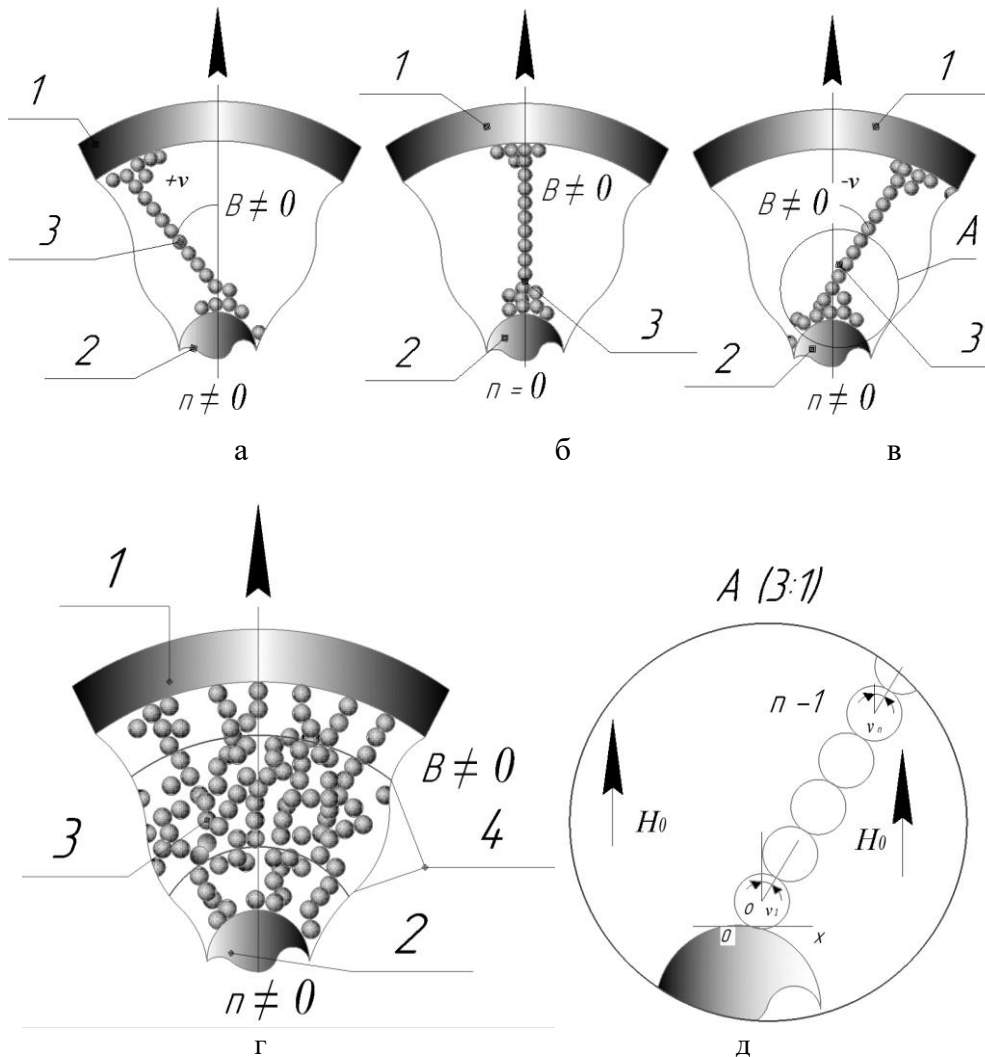


Рисунок 1. Кластер формирования способа электромагнитной механоактивации:  
 1, 2 – поверхности, ограничивающие рабочую камеру электромагнитного механоактиватора;  
 3 – магнитоожигенный слой;  $B$  – индукция электромагнитного поля;  $n$  – частота смещения  
 рабочих поверхностей;  $v$  – угол наклона структурного элемента в ферродинамической среде;  
 4 – границы образования “слоя скольжения”

Figure 1. Cluster of formation of the method of electromagnetic mechanical activation;  
 1, 2 – the surfaces limiting the working chamber of the electromagnetic mechanical activator;  
 3 – the magnetically liquefied layer;  $B$  – the induction of the electromagnetic field;  $n$  - the  
 frequency of displacement of the working surfaces;  $v$  – the angle of inclination of the structural  
 element in a ferrodynamic medium; 4 – the boundaries of the formation of a "slip layer"

С целью выявления энергетически эффективных режимов работы электромеханических диспергаторов при их проектировании проведены исследования динамических характеристик движения ферротел (размольных органов аппаратов) с использованием классической теории Лагранжа [3, 4].

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где  $q_i$  и  $Q_i$  — обобщенные координаты и обобщенные силы.

Согласно базовой теории электромеханических диспергаторов [1, 2], условием равномерного распределения нагрузок по рабочему объему аппаратов является разрыв контактных взаимодействий между шарами (рис.1, а, в) при достижении критических значений угла  $\pm \nu_{кр}$ :

$$\nu_{кр} = \pm \frac{1}{2} \left( \pi - \arccos \frac{13\mu + 11}{9(3\mu + 5)} \right), \quad (2)$$

где  $\mu$  — магнитная проницаемость размольных шаров.

Согласно дипольной модели Максвелла [4, 5, 6], до достижения этих значений, сила и момент сил взаимодействия однородного магнитного поля с размольными элементами определены формулами:

$$F_r = -\frac{3}{256} H_0^2 R_0^2 \frac{(\mu - 1)^2}{(\mu + 2)^3} [(13\mu + 11) + 9(3\mu + 5)\cos 2\nu]. \quad (3)$$

$$M_\nu = -\frac{3}{128} H_0^2 R_0^3 \frac{(\mu - 1)^2}{(\mu + 2)^3} (17\mu + 31)\sin 2\nu. \quad (4)$$

Для модели, представленной на рисунке 1, с учетом выражений для кинетической энергии  $T_{K-1}$  и элементарной работы  $\delta A_{K-1}$

$$T_K = T_{K-1} + \frac{m}{2} [\dot{x}^2 + 4R_0\dot{x} \sum_{i=1}^K \dot{\nu}_i \cos \nu_i + 4R_0^2 \sum_{i,j=1}^K \dot{\nu}_i \dot{\nu}_j \cos(\nu_i - \nu_j)] + \frac{1}{2} j \dot{\phi}_K^2; \quad (5)$$

$$\delta A_K = \delta A_{K-1} + M(\nu_K) \delta \nu_K + f R_0 F(\nu_K) (\delta \varphi_{K-1} - \delta \varphi_K), \quad (6)$$

(здесь  $M(\nu_K)$  и  $F(\nu_K)$  — соответственно силы и момент сил взаимодействия однородного магнитного поля с системой шаров) искомые уравнения примут вид:

$$T^* = m[\dot{x}^2 + 2r\dot{x}\dot{\nu} \cos \nu + 2r^2\dot{\nu}^2]; \quad (7)$$

$$\delta A^* = f_0 (a + b) \delta x - c \cdot \sin 2\nu \cdot \delta \nu, \quad (8)$$

$$a + b = \frac{3}{32} H_0^2 R_0^2 \frac{(\mu - 1)^2}{(\mu + 2)^3} (5\mu + 7); \quad c = \frac{3}{128} H_0^2 R_0^3 \frac{(\mu - 1)^2}{(\mu + 2)^3} (17\mu + 31).$$

Тогда система уравнений, описывающая динамику движения ферротел, может быть определена выражениями:

$$\frac{\partial T^*}{\partial \dot{x}} = 2m(\dot{x} + r\nu \cos \nu); \quad (9)$$

$$\frac{\partial T^*}{\partial \dot{\nu}} = 2rm(\dot{x} \cos \nu + 2r\nu); \quad (10)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T^*}{\partial \dot{x}} = 2m(\ddot{x} + r\ddot{\nu} \cos \nu - r\nu^2 \sin \nu); \quad (11)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T^*}{\partial \dot{\nu}} = 2rm(\ddot{x} \cos \nu - \dot{x} \dot{\nu} \sin \nu + 2r\ddot{\nu}); \quad (12)$$

$$\frac{\partial T^*}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial T^*}{\partial \nu} = -2rm\dot{x}\nu \sin \nu. \quad (13)$$

Искомые дифференциальные уравнения, описывающие динамические характеристики процесса формирования разрушающих нагрузок, примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} + r\ddot{v} \cos v - r\dot{v}^2 \sin v &= \frac{1}{2m} f(a+b); \\ \ddot{x} \cos v + 2r\ddot{v} &= -\frac{c}{2rm} \sin 2v \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

или

$$\ddot{v} = -\frac{1}{2r(2 - \cos^2 v)} \left[ \left( r\dot{v}^2 + \frac{c}{rm} \right) \sin 2v + \frac{f(a+b)}{m} \right]. \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{v}_1 &= \dot{v}_2 \\ \dot{v}_2 &= -\frac{1}{2r(1 + \sin^2 v_1)} \left[ \left( rv_2^2 + \frac{c}{rm} \right) \sin 2v_1 + \frac{f + (a+b)}{m} \right] \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

с начальными условиями  $v_1(0) = 0$  и  $v_2(0) = 0$ .

Решение системы методом Runge-cutt с постоянным выбором шага интегрирования [7, 8] позволило выявить одну из наиболее важных рекомендаций при проектировании типовых рядов электромеханических диспергаторов – формирование устойчивых оснований структурных групп из ферроэлементов. Установлено, что решающее значение на процесс разрушения структурной комбинации из ферротел сферической формы оказывает параметр  $f = f_0$  (здесь  $f_0$  — коэффициент трения 0-го шара о стенку рабочей емкости). На рисунке 2 представлена конструктивная схема электромеханического диспергатора (патент РФ №1457881), реализующего это условие.

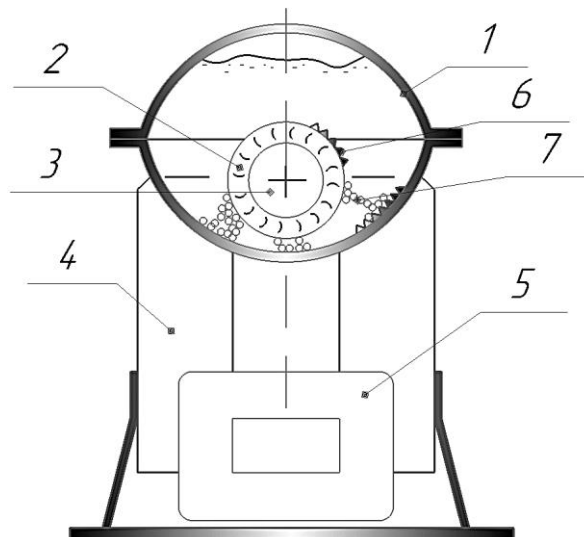


Рисунок 2. Электромеханический диспергатор (патент РФ №1457881): 1 – корпус устройства со специально выполненными зубцами; 2, 5 – токовые обмотки управления; 3, 4 – постоянные электромагниты; 6 – зубцы; 7 – ферромагнитные сферические размольные элементы  
 Figure 2. Electromechanical dispersant (RF Patent No. 1457881): 1 - device housing with specially made teeth; 2, 5 – current control windings; 3, 4 – permanent electromagnets; 6 – teeth; 7 – ferromagnetic spherical grinding elements

Результаты исследований процесса измельчения модельных систем (рецептурной смеси какао и сахара) подтвердили теоретически доказанную зависимость параметра  $f = f_0$  на эффективность работы электромеханического диспергатора и качество продуктов помола (рис. 3).

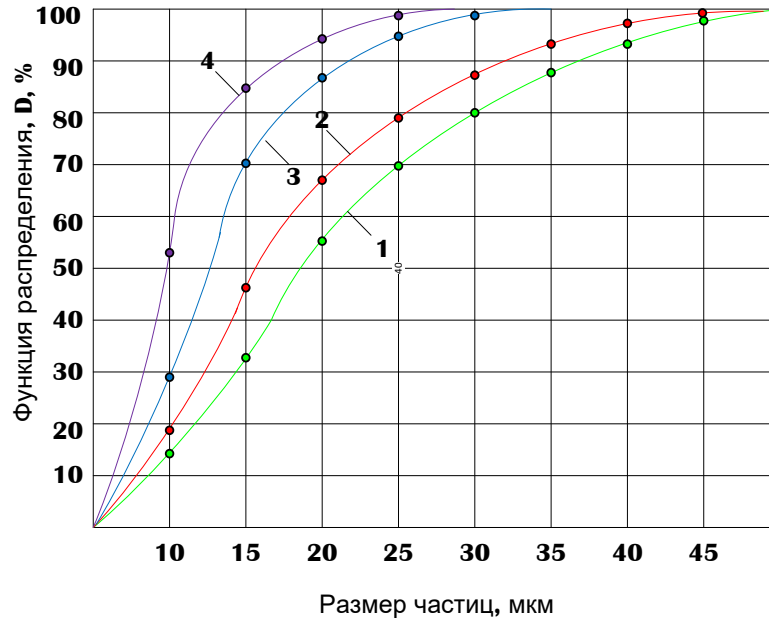


Рисунок 3. Функция распределения измельченных частиц рецептурной смеси какао и сахара с органолептическим показателем  $n_c = 2$ . Режим обработки:  $B = 0,4$  Тл;  $n = 24$  об/с;  $K = 0,38$ : 1 -  $f_0 < 0,8$ ; 2 -  $f_0 = 0,8$ ; 3 -  $f_0 > 0,8$ ; 4 -  $f_0 \gg 0,8$

Figure 3. The distribution function of crushed particles of a formula mixture of cocoa and sugar with an organoleptic indicator  $n_c = 2$ . Processing mode  $B = 0,4$  Тл;  $n = 24$  об/с;  $K = 0,38$ : 1 -  $f_0 < 0,8$ ; 2 -  $f_0 = 0,8$ ; 3 -  $f_0 > 0,8$ ; 4 -  $f_0 \gg 0,8$

В работах [1, 2] установлена зависимость между скоростным и электромагнитным режимами работы электромеханических диспергаторов, обеспечивающая их стабильную работу:

$$n = 0,16 \sqrt{\frac{K_1 F_r}{G_{PЭ1} R_2}}, \quad (17)$$

где  $n$  — частота вращения ротора, при которой осуществляется целенаправленная переориентация размольных элементов в «слое скольжения»;

$K_1$  — коэффициент, характеризующий величину компенсации центробежной силы увеличением магнитодвижущей силы обмоток управления;

$F_r$  — сила сцепления между размольными ферроэлементами и поверхностью ферромагнитного ротора;

$G_{PЭ1}$  — масса размольного элемента;

$R_k$  — радиус, равный расстоянию от центра ферроэлемента до оси вращения ротора.

В этом случае, как показала практика, достигается равномерное распределение ударно-истирающих разрушающих нагрузок по всему рабочему объему аппарата, что априори предопределяет повышение показателей селективности процесса с конечным размером частиц твердой фазы измельчаемого материала в узком и оптимальном диапазоне дисперсности [9,

10]. С целью ослабления такого действия центробежной силы на ферромагнитные частицы предлагается выполнять рабочую поверхность наружного цилиндра аппарата такой формы, как показано на рисунке. 4.

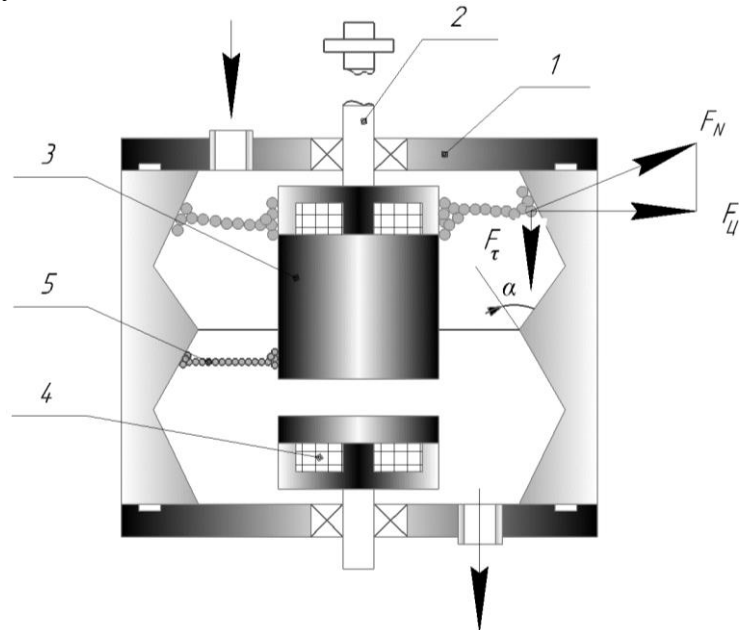


Рисунок 4. Электромеханический диспергатор (патент РФ №2066958): 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – шихтованная лопасть; 4 – тангенциальные ОУ, 5 – ферромагнитные сферические размольные элементы

Figure 4. Electromechanical dispersant (RF Patent No. 2066958): 1 – housing; 2 – rotor; 3 – charged blade; 4 - tangential OP, 5 – ferromagnetic spherical grinding elements

Действие силы  $F_t = F_{ц} \cdot \sin\alpha$  (здесь  $F_{ц}$  — центробежная сила,  $F_t$  — касательная составляющая  $F_{ц}$ ,  $\alpha$  — угол наклона между образующей рабочей поверхностью наружного цилиндра и предельной осью устройства) препятствует вытеснению ферромагнитных частиц из рабочего зазора. Величина угла измеряется единицами градусов. Оптимальное значение угла  $\alpha$  может быть рекомендовано путем нескольких расчетов для различных значений  $n_{max}$ , диаметра частиц и величины рабочего зазора  $\delta$ .

Компенсация действия центробежной силы на ферротела рабочего объема электромеханического диспергатора путем увеличения м.д.с. обмотки управления и выполнение внутренней поверхности корпуса в форме конуса позволяет создавать в рабочих объемах аппаратов равномерное распределение формирования ударно-истирающих разрушающих по частицам обрабатываемого материала.

**Выводы.** В результате проведенных комплексных теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов механоактивации материалов в электромеханических диспергаторах, проведенных на базе фундаментальной теории электрофизического способа формирования диспергирующих нагрузок [1, 2], классических теорий Лагранжа [3, 4] и Максвелла [5, 6, 7, 8], выявлены условия проектирования электромеханических диспергаторов со стабильными параметрами энергоэффективности.

#### Список источников литературы

1. Беззубцева М.М., Волков В.С. Прикладная теория электромагнитной механоактивации: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2014. – 165 с.
2. Bezzubceva, M.M., Volkov, V.S., Krishtopa, N.Y., Mastepanenko, M.A., Gabrielyan, S.Z. (2021) Theoretical Studies of the Method of Electromagnetic Mechanical Activation. Lecture Notes in Networks and Systemsthis 206, 981–989.



3. Смирнов В. И. Курс высшей математики. - Т. 2. - М.: Наука, 1974. - 655 с.
4. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. - Т. I. – М.: Наука, 1975. – 832 с.
5. Максвелл Д. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ЁЁ медиа, 2015. – 823 с.
6. Fisher, H. Maxwell's Treatise on Electricity and Magnetism: The Central Argument. Green Lion Press, Santa Fe, 2014.
7. Tweney, R.D.: Representing the electromagnetic field: how Maxwell's mathematics empowered Faraday's field theory. Sci. Educ., 2011. – 20 (7–8). – С. 687–700.
8. Misbah Ijaz, Muhammad Ayub Simulation of magnetic dipole and dual stratification in radiative flow of ferromagnetic Maxwell fluid. Heliyon, 2019. – Vol. 5, Issue 4, e01465.
9. Болога М. К., Заморев В. М., Сюткин С. В. Некоторые динамические аспекты магнитоожигенных слоев // Электронная обработка материалов. – 1986. – № 1. – С. 59-63.
10. Лебедев В. А., Вернигоров Ю. М., Кочубей А. А. Сущность и закономерности динамики процесса обработки ферромагнитными гранулированными средами во вращающемся электромагнитном поле // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2016. – № 1 (52). – С. 84-91.

### References

1. Bezzubtseva M. M., Volkov V. S. (2014), *Prikladnaya teoriya elektromagnitnoj mekhanoaktivacii: monografiya* [Applied theory of electromagnetic mechanical activation: monograph], SPbGAU, SPb.: Russia.
2. Bezzubtseva, M.M., Volkov, V.S., Krishtopa, N.Y., Mastepanenko, M.A., Gabrielyan, S.Z. (2021), *Theoretical Studies of the Method of Electromagnetic Mechanical Activation*. Lecture Notes in Networks and Systems 206, 981–989.
3. Smirnov V. I. (1974), *Higher Mathematics Course* [Kurs vysshej matematiki] no. 2, Nauka, Moscow, Russia.
4. Filin A.P. (1975) *Prikladnaya mekhanika tverdogo deformiruемого tela* [Applied Mechanics of a Solid Deformable Body], T.I., Nauka, Moscow, Russia.
5. Maxwell D. (2015) *Izbrannye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya* [Selected works on the theory of the electromagnetic field], YOYO media, Moscow, Russia.
6. Fisher, H. Maxwell's (2014), *Treatise on Electricity and Magnetism: The Central Argument*. Green Lion Press, Santa Fe.
7. Tweney, R.D.: (2011), Representing the electromagnetic field: how Maxwell's mathematics empowered Faraday's field theory. Sci. Educ., no. 20 (7–8). – pp. 687–700. (In Eng.)
8. Misbah Ijaz, Muhammad Ayub (2019), Simulation of magnetic dipole and dual stratification in radiative flow of ferromagnetic Maxwell fluid. Heliyon, Vol. 5, Issue 4, e01465.
9. Bologa M. K., Zamorev V. M., Syutkin S. V. (1986), *Nekotorye dinamicheskie aspekty magnitoozhizhennyh sloev* [Some dynamic aspects of magnetically fluidized beds] // Electronic processing of materials, no. 1, Kishinev, Moldova, pp. 59–63
10. Lebedev V. A., Vernigorov Yu. M., Kochubey A. A., (2016) The essence and regularities of the dynamics of the process of processing with ferromagnetic granular media in a rotating electromagnetic field, *Progressive technologies and systems of mechanical engineering*, no. 1 (52). - Don GTU, pp. - 84-91. (In Russ.).

### Сведения об авторах

**Беззубцева Марина Михайловна** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Энергообеспечения предприятий и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 7467-3451, Scopus author ID: 57221199057.

**Волков Владимир Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры Энергообеспечения предприятий и электротехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 2725-8803, Scopus author ID: 57224405947.

### Information about the authors

**Marina M. Bezzubtseva** – Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 7467-3451, Scopus author ID: 57221199057.

**Vladimir S. Volkov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2725-8803, Scopus author ID: 57224405947.

**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 25.02.2022 г.; одобрена после рецензирования 13.03.2022 г.; принята к публикации 20.03.2022 г.*

*The article was submitted 25.02.2022; approved after reviewing 13.03.2022; accepted after publication 20.03.2022.*

Научная статья

УДК 621.313.333.821

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-113-124

## ЛИНЕЙНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МОНОРЕЛЬСОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КОРМОРАЗДАЧИ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

**Алексей Павлович Епифанов<sup>1</sup>, Дмитрий Богданович Криль<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; [emeo.kaf@yandex.ru](mailto:emeo.kaf@yandex.ru)

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет, Петербургское шоссе, д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; [bruder\\_dan@mail.ru](mailto:bruder_dan@mail.ru)

**Реферат.** В данной статье рассмотрен внутренний транспорт животноводческих ферм (отечественный и зарубежный) для процесса раздачи корма на фермах. Наиболее перспективной и энергоэффективной из всех является монорельсовая транспортная система. Также обосновывается тот факт, что электропривод на базе линейного асинхронного двигателя является альтернативой электроприводу с вращающимся электродвигателем. Линейный асинхронный электропривод при грамотном проектировании и рациональном выборе конструктивных параметров с учетом физических особенностей материалов оказывается лучше классического электропривода с механическими преобразователями вида движения. Для того чтобы грамотно спроектировать линейный асинхронный двигатель и обеспечить необходимые тягово-энергетические показатели, нужна адекватная математическая модель. Методика, основанная на трехмерной теории ЛАД, при питании

индуктора от идеального источника тока, подходит для этой задачи, поскольку обеспечивает требуемую точность расчетов, не расходящихся с результатами экспериментов более чем на 10%. Она позволяет получить необходимые интегральные и локальные характеристики машины. Для определения необходимого тягового усилия были проведены расчеты сил сопротивления движению с учетом реальных условий эксплуатации и усилия при трогании с места. Также был выполнен механический расчет двутавровой балки на изгиб и прочность для выбранной длины пролета и массы загруженного кормораздатчика. В заключении были даны рекомендации по режимам работы ЛАД в условиях усиленного и ослабленного магнитного поля.

**Ключевые слова:** *внутренний транспорт животноводческих ферм, кормораздача, монорельсовая система, линейный асинхронный электропривод*

**Цитирование:** Епифанов А.П., Криль Д.Б. Линейный асинхронный электропривод монорельсовой транспортной системы кормораздачи в животноводческих фермах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 113-124. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-113-124.

## LINEAR ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF MONORAIL TRANSPORTATION SYSTEM FOR FEED DISPENSING IN LIVESTOCK FARMS

Alexey Epifanov<sup>1</sup>, Dmitry Kril<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; [emeo.kaf@yandex.ru](mailto:emeo.kaf@yandex.ru)

<sup>2</sup> St. Petersburg State Agrarian University, Petersburg highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; [bruder\\_dan@mail.ru](mailto:bruder_dan@mail.ru)

**Abstract.** This article discusses the internal transport of livestock farms (domestic and foreign) for the feed distributing process on farms. The most promising and energy efficient of all is the monorail transport system. It also substantiates the fact that an electric drive based on a linear induction motor is an alternative to an electric drive with a rotating electric motor. A linear asynchronous electric drive with competent design and rational choice of design parameters, taking into account the physical characteristics of materials, turns out to be better than a classical electric drive with mechanical converters of the type of motion. In order to competently design a linear induction motor and provide the necessary traction and energy indicators, an adequate mathematical model is needed. The technique based on the three-dimensional theory of LIM when the inductor is powered from an ideal current source is suitable for this task, since it provides the required accuracy of calculations that do not differ from the experimental results by more than 10%. It allows you to obtain the necessary integral and local characteristics of the machine. To determine the required tractive effort, the resistance forces to motion were calculated taking into account the real operating conditions and the effort when starting off. A mechanical design of the I-beam for bending and strength was also performed for the selected span length and the weight of the loaded feeder. In conclusion, recommendations were given on the modes of operation of the LIM in conditions of an enhanced and weakened magnetic field.

**Keywords:** *internal transport of livestock farms, feed distribution, monorail system, linear asynchronous electric drive*

**Citation.** Epifanov, A.P. and Kril, D.B. (2022), “Linear asynchronous electric drive of the monorail transport system for feeding in livestock farms” *Izvestiya of the Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol.66, no. 1, pp. 113-124 (In Russ), doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-113-124.

**Введение.** Сельское хозяйство страны призвано обеспечить население качественными, экологически чистыми и доступными по цене продуктами питания. Эти требования могут быть выполнены лишь при внедрении новых технологий и оборудования, формирующих, в конечном итоге, конкурентоспособность предприятия перед другими, в том числе и перед зарубежными производителями. Российская Федерация располагает всеми возможностями для решения данной проблемы.

В целом АПК представляет собой самый широкий комплекс машин и механизмов, отличающихся видами движения рабочего органа, условиями и режимами работы, приводными характеристиками, эффективностью использования энергии [1, 2].

Внутренний транспорт ферм и теплиц – часть инфраструктуры хозяйства, предназначенный для выполнения различных операций, в том числе кормораздачи и транспортирования грузов (теплиц).

**Цель исследования** – обоснование применения линейного асинхронного электропривода в монорельсовой транспортной системе кормораздачи в животноводческих комплексах.

В России на крупных животноводческих комплексах для кормораздачи практически везде используются тракторные прицепы (рис. 1), выполняющие также функции кормоприготовления [3]. Применение тракторов загрязняет воздух (не только снаружи, но и внутри коровника), требует дополнительных площадей, имеет низкую энергоэффективность (для трактора МТЗ расход топлива составляет 10 – 12 литров за один час работы) и высокую начальную стоимость (до 5 500 000 Р за новый) [4].

За рубежом (Финляндия, Дания, Германия, Франция, Швеция и др.) для кормораздачи используют подвесные кормороботы и кормовагоны (рис. 2), которые перемещаются по монорельсу [5]. Монорельс (двухтавровая балка) крепится к П-образным опорам или к перекладинам над кормовым столом в центральном проходе; интервал между опорами зависит от массы кормовагона и типа двухтавра (от 3 до 6 метров). При этом кормоприготовление производится в стационарных кормосмесителях, загрузка корма в кормовагон осуществляется ленточным наклонным транспортером. После выдачи корма вагон возвращается для очередной загрузки корма в бункер. Такая система дает возможность полностью автоматизировать кормокухню и кормораздачу в общем цикле.



Рисунок 1. Внутренний транспорт животноводческих ферм:  
а – прицепной кормораздатчик, б – трактор BELARUS-1220.3

Figure 1. Internal transport of livestock farms:

a - trailed feed dispenser, b - tractor BELARUS-1220.3

Электропривод кормовагона выполнен по классической схеме: вращающийся асинхронный двигатель – редуктор – ведущие ролики. Такой электропривод имеет достаточно сложную кинематическую схему, низкие энергетические показатели, скорость движения не регулируется. Тяговое усилие обеспечивается за счет сцепления резиновых роликов и нижней полки двухтавра и зависит от состояния поверхности. Используются два

электродвигателя, у которых номинальная мощность  $P_{2\text{ном}} = 0,7$  кВт у каждого. Следовательно, потребление электроэнергии составит  $W = \frac{P_2}{\eta_{\text{двиг}}} \cdot t$  [кВт · ч]. Для асинхронного двигателя мощностью 0,7 кВт КПД составляет  $\eta_{\text{ном}} = 0,7$ , тогда  $W = \frac{2 \cdot 0,7}{0,7} \cong 2$  кВт · ч – это энергия, потребляемая из сети для перемещения кормового вагона по монорельсу за один час. В России такая система (фирма Pellon) используется на ферме острова Валаам (РПЦ) и заложена в проект реконструкции учебно-опытного хозяйства «УПЦА» (фирма DeLaval).

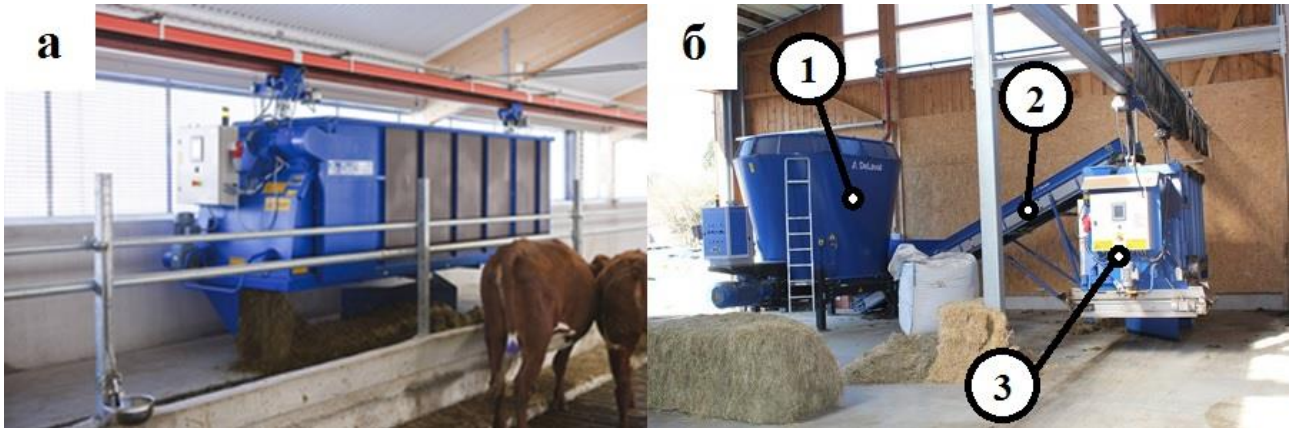


Рисунок 2. Технологический процесс кормораздачи:  
 а – подвесной кормораздатчик, б – кормокухня, 1 – стационарный кормосмеситель,  
 2 – наклонный транспортер, 3 – монорельсовый кормораздатчик

Figure 2. Technological process of feeding:  
 а – hanging feeder, б – feed kitchen, 1 – stationary feed mixer, 2 – inclined conveyor,  
 3 – monorail feeder

Альтернативой электроприводу с вращающимся электродвигателем представляется привод на основе линейного асинхронного двигателя по схеме: сеть переменного тока – преобразователь частоты – линейный асинхронный двигатель (ЛАД). Такая компоновка привода оптимально расположена относительно путевой структуры; при этом вторичный элемент одностороннего ЛАД (реактивная шина) прилегает к монорельсу. Сам монорельс, помимо функции несущей конструкции, выполняет роль массивного обратного магнитопровода, по которому замыкается основной магнитный поток. Электроснабжение модуля выполнено при помощи троллеев или шин и скользящих контактов от сети переменного тока (трёхфазная или однофазная). Сам преобразователь частоты расположен на подвесном модуле для соблюдения требований электромагнитной совместимости [6].

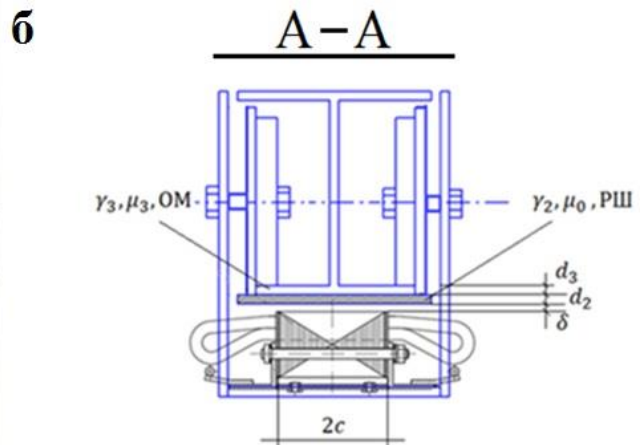
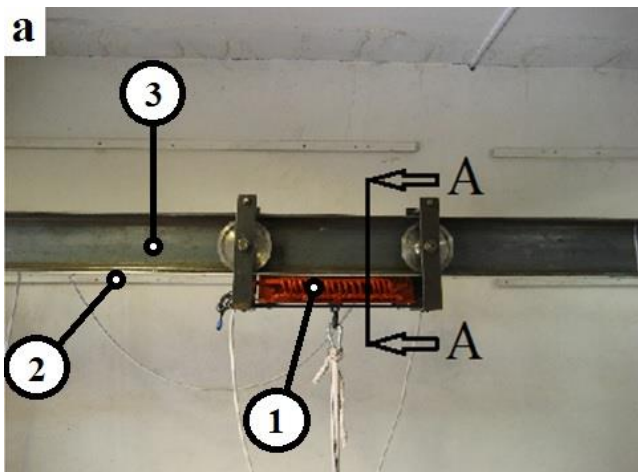


Рисунок 3. Компоновочная схема одностороннего линейного асинхронного двигателя с массивным обратным магнитопроводом:

а – фронтальная проекция: 1 – индуктор, 2 – алюминиевая реактивная полоса, 3 – монорельс (двутавр 20Ш1), б – профильный разрез по А-А

Figure 3. Layout diagram of a one-sided linear induction motor with a massive reverse magnetic circuit:

a - frontal projection: 1 - inductor, 2 - aluminum reactive strip, 3 - monorail (I-beam 20SH1), b - profile section along A-A

**Материалы, методы и объекты исследований.** В лаборатории электрических машин и электропривода СПбГАУ реализована полномасштабная модель такого электропривода (рис. 3) с целью изучения физических процессов, тягово-энергетических характеристик, различных режимов работы (разгон, регулирование скорости изменением частоты питающего напряжения при помощи ПЧ, тормозные режимы).

Основные конструктивные параметры установки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Конструктивные параметры ОЛАД полномасштабного модуля монорельсовой транспортной системы

Table 1. Design parameters of the OLAD of a full-scale module of a monorail transport system

Длина индуктора – L, м	0,48
Тип обмотки индуктора	двухслойная
Полюсное деление – $\tau$ , м	0,12
Ширина индуктора – $2c$ , м	0,12
Размер воздушного зазора – $\delta$ , мм	$\geq 1,5$
Число пазов на полюс и фазу – q	2
Линейная токовая нагрузка - $A_{max}, \frac{A}{m}$	40000
Плотность тока в обмотке - $J_{max}, \frac{A}{mm^2}$	6
Скорость передвижения – v, км/ч	$\leq 4,5$
Материал реактивной шины	алюминий
Толщина реактивной шины – $d_2$ , мм	4
Частота питающего напряжения - $f_1$ , Гц	5-10
Толщина полки двутавра № 20Ш1 - $d_3$ , мм	9
$I \times R$ – компенсация	присутствует

Регулирование напряжения и частоты преобразователя осуществляется по скалярному закону управления магнитным потоком машины при  $\frac{U_1}{f_1} = const$ .

Результаты исследований подробно рассмотрены и широко опубликованы в статьях, докладах на конференциях и всероссийских конкурсах авторами данной статьи. В итоге можно констатировать, что такой электропривод, отличаясь простотой кинематической схемы, обеспечивает характеристики (тяговые и энергетические), которые не уступают классическому аналогу (КПД  $\eta \cong 0,4 \div 0,5$ ; удельное тяговое усилие

$f_{худ} = 60 \frac{H}{dm^2}$  по активной площади индуктора). Полученные результаты послужили дополнительным критерием оценки точности расчета низкоскоростных ЛАД по методике, базирующейся на основе трехмерной теории ЛАД (рис. 4). Принятые при этом допущения являются общепринятыми для подобных линейных задач, а сама модель периодизирована в продольном (по оси x) и поперечном (по оси z) направлениях (Scobelev V.E., Solovyev G.I., Erifanov A.P., 1980), [8].

**Результаты исследований.** На рисунке 5 приведены опытные и расчетные характеристики при условии  $I_1 = const$  и  $U_1 = const$ . Значение напряжения  $U_1$ , которое в дальнейшем было принято неизменным, соответствует скольжению  $s = 0,3$  при  $\eta_{max} =$

0,205 (рис. 5). На следующем этапе были выполнены расчетно-теоретические исследования с целью определения наиболее рациональных значений параметров при условии выполнения требований по скорости, силе тяги и КПД ( $\eta \approx \eta_{max}$ ). Результаты исследований показали, что наилучшие характеристики обеспечиваются при:

- $\frac{2c}{\tau} \geq 1$ ;
- $\frac{\tau}{(\delta+d)} \geq (25 \div 30)$ ;
- материал шины – медь, лучше шлицованная шина, чем однородная и изотропная полоса [8];
- размер воздушного зазора  $\delta \geq \delta_{min}$  по условиям функционирования;
- число полюсов  $2p \geq 4$  в зависимости от тягового усилия при однослойной обмотке;
- линейная токовая нагрузка  $A \cong (25 \div 30) \cdot 10^3 \frac{A}{M}$ ;
- плотность тока в обмотке индуктора  $J_1 \leq 6 \frac{A}{MM^2}$  – по условиям нагрева.

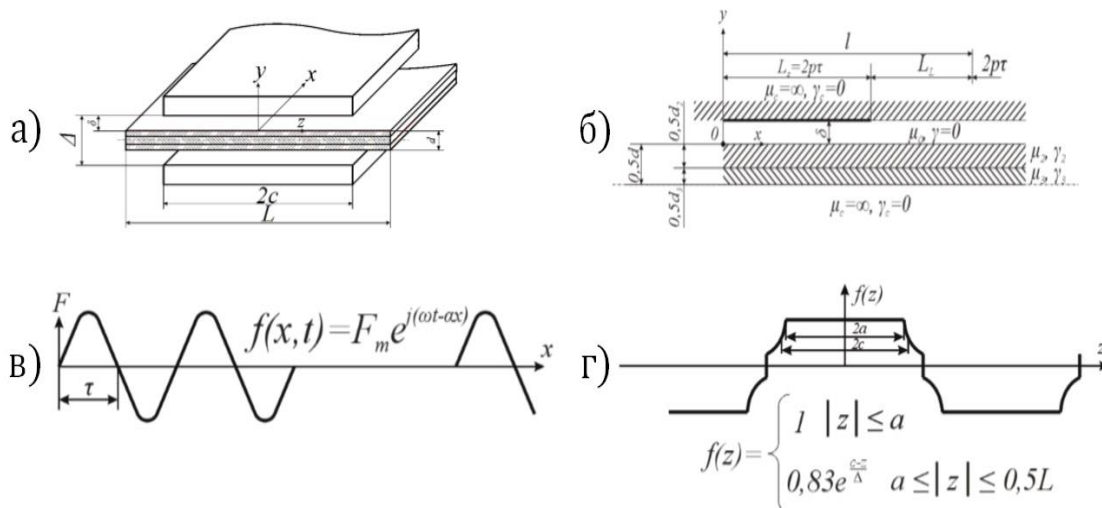


Рисунок 4. Трехмерная расчётно-математическая модель:

- а) общая схема; б) продольный разрез (по оси x);  
 в) распределение МДС по оси x; г) распределение МДС по поперечной оси z.

Figure 4. Three-dimensional computational and mathematical model:

- а) general scheme; б) longitudinal section (along the x-axis);  
 в) distribution of MDS along the x-axis; г) distribution of MDS along the transverse z-axis

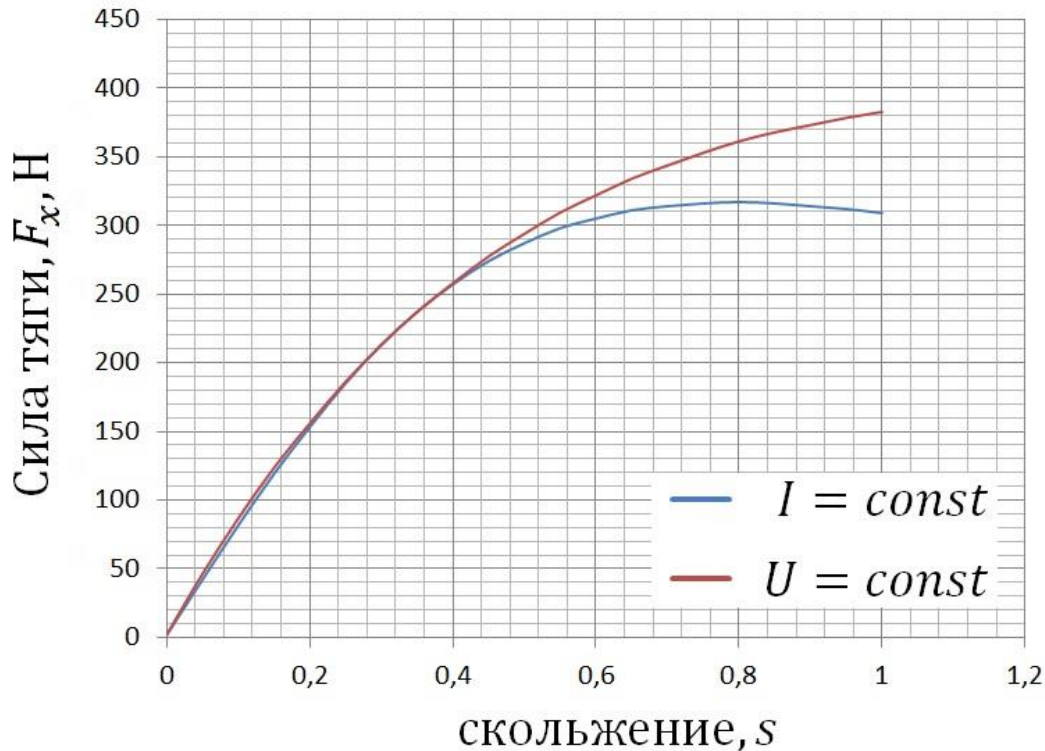


Рисунок 5. Интегральные тяговые характеристики ОЛАД полномасштабного макета монорельсовой транспортной системы

Figure 5. Integral traction characteristics of the OLAD of a full-scale model of a monorail transport system

При выполнении этих условий значение индукции магнитного поля в воздушном зазоре может достигать  $B_{\delta} \leq 0,5$  Тл и получатся вполне приемлемые для практики тягово-энергетические показатели.

Для массивного обратного магнитопровода важным фактором является его насыщение при проявлении поверхностного эффекта. Экспериментальные исследования магнитных потоков в воздушном зазоре и обратном магнитопроводе показали, что индукция в последнем не превышает значений  $B_{0M} \cong (1,0 \div 1,2)$  Тл, что соответствует  $\mu_{rFe} (1000 \div 800)$  [11].

При этом глубина проникновения  $\lambda = \sqrt{\frac{2}{\gamma_{Fe} \cdot \omega_{Fe} \cdot \mu_{Fe}}} > 9$  мм. Следовательно, при расчетах возможно принимать  $\mu_{rFe} \cong (300 \div 500) = const$ ; модель линейная, подобно (Yamamura S. 1978, Нейман Л.Р., 1949).

В качестве практической направленности выполненных исследований является обоснование параметров и расчёт характеристик транспортного модуля применительно к животноводческому комплексу ООО «Племенной завод «Бугры», инфраструктура которого во многом является типичной для крупных ферм. Подтверждением заинтересованности руководства данного комплекса является документ о внедрении и использовании результатов исследований.

Исходные данные для расчета монорельсовой структуры подвесного кормораздатчика (табл. 2):



Таблица 2. Конструктивные параметры для монорельсовой структуры подвешного кормораздатчика

Table 2. Design parameters for the monorail structure of the suspended feed dispenser

Длина фермы (путевой структуры) - $l$ , м	100
Ширина центрального прохода - $b$ , м	5
Масса кормовагона (брутто) - $m_B$ , кг	2700
Масса корма - $m_K$ , кг	1760
Масса кормовагона - $m_B$ , кг	940 (при $V_B = 3,5 \text{ м}^3$ )
Число опорных роликов - $n_p$ , шт	8

В результате изучения зарубежного опыта, проведенных расчетов на механическую прочность и изгиб балки (двухавра) диаметр роликов принят  $D_p = 160$  мм (Беляев Н.М., 1976), [9]. При этом сила сопротивления движению в установившемся режиме (трение)  $F_{тр} = 250$  Н [10]. Следовательно, ЛАД должен обеспечить тяговое усилие  $F_x > 250$  Н с учетом реальных условий эксплуатации. С учетом усилия трогания при пуске для преодоления сил трения покоя  $F_{x \text{ пуск}} \geq 250 \cdot 1,3 = 325$  Н. В качестве монорельса была принята двухавровая балка 20Ш1. На рисунке 6 приведена расчетная схема (рис. 6а), геометрические размеры (рис. 6б), эпюры перерезывающих сил и крутящих моментов (рис 6в и 6г).

Таблица 3. Конструктивные параметры ОЛАД с массивным обратным магнитопроводом для привода кормораздатчика для ООО «Племенной завод «Бугры»

Table 3. Design parameters of an OLAD with a massive reverse magnetic circuit for a feed dispenser drive for «Plemennoy zavod «Bugry»

Длина индуктора – $L$ , м	0,48
Тип обмотки индуктора	однослойная
Полусное деление – $\tau$ , м	0,12
Ширина индуктора – $2c$ , м	0,14
Размер воздушного зазора – $\delta$ , мм	$\geq 1,5$
Число пазов на полюс и фазу – $q$	2
Линейная токовая нагрузка - $A_{max}, \frac{\text{А}}{\text{м}}$	35000
Плотность тока в обмотке - $J_{max}, \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$	4
Скорость передвижения – $v$ , км/ч	$\leq 4,5$
Материал реактивной шины	медь
Толщина реактивной шины – $d_2$ , мм	2
Частота питающего напряжения - $f_1$ , Гц	8
Толщина полки двухавра № 20Ш1 - $d_3$ , мм	9

В результате расчетов получено: расстояние между П-образными опорами  $L \leq 8,55$  м, максимальные касательные напряжения  $\tau = 74,45 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ . Значения конструктивных параметров установлены расчетами ряда вариантов с учетом полученных результатов в работах (Scobelev V.E., Solovyev G.I., Epifanov A.P., 1980, Yamamura S., 1978).

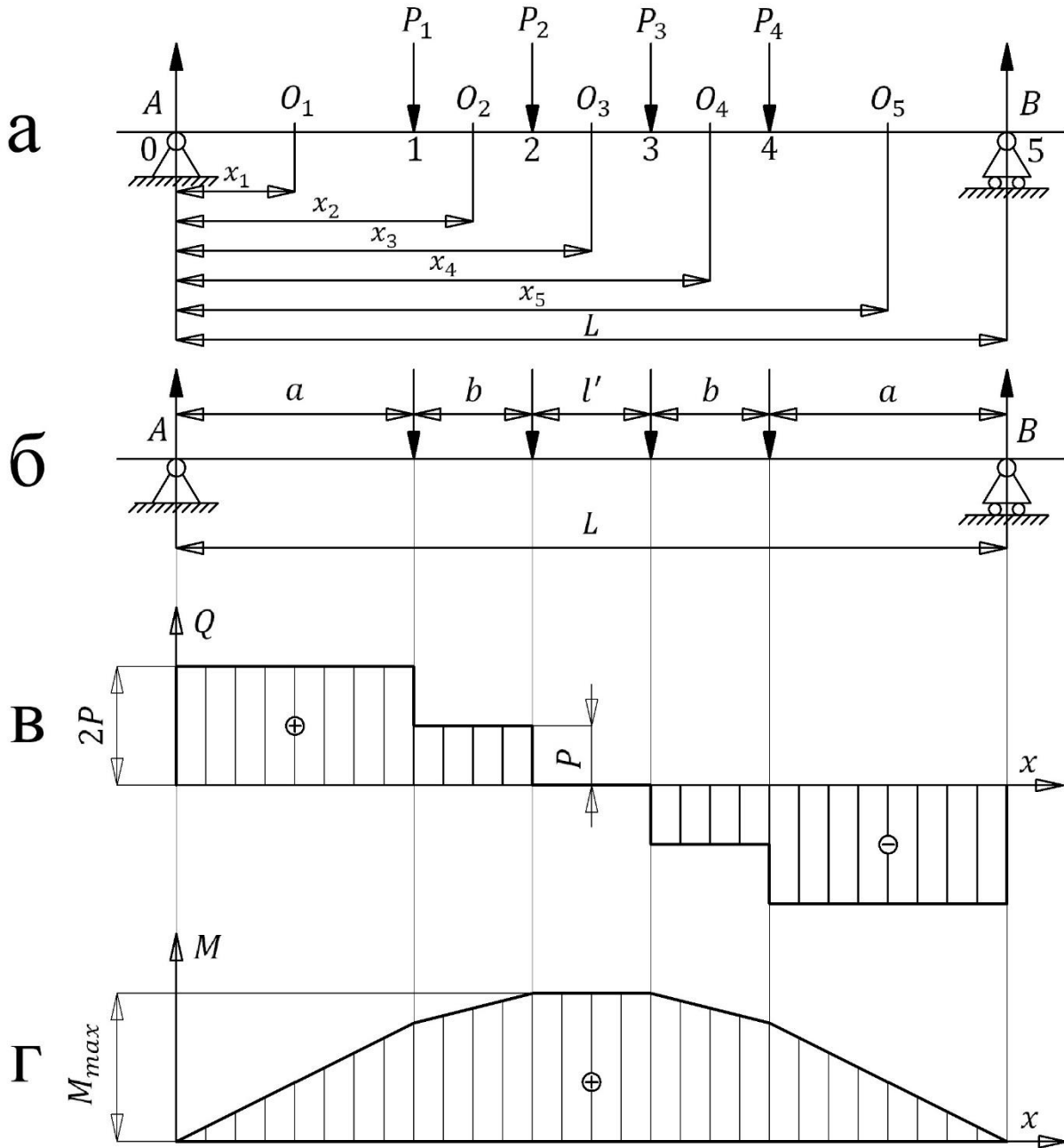


Рисунок 6. Схема балки и эпюры поперечных сил и моментов для определения механической прочности балки при изгибе

Figure 6. Diagram of a beam and diagrams of shear forces and moments for determining the mechanical strength of a beam in bending

Отметим, что решение трёхмерной задачи электромагнитного поля в воздушном зазоре и реактивной шине получено в аналитическом виде, а выражения для сил, электромагнитной мощности представлены в виде двойных рядов Фурье (Scobelev V.E., Solovyev G.I., Epifanov A.P., 1980):

$$F_x = \oint \frac{B_{\delta x} \cdot B_{\delta y}}{\mu_0} dx dz /_{y=0} \quad (1)$$

$$F_y = F_{эм} - F_{yэд} = \frac{1}{2\mu_0} \oint (B_{\delta y}^2 - B_{\delta x}^2 - B_{\delta z}^2) dx dz /_{y=0} \quad (2)$$

$$F_z = \frac{1}{2\mu_0} \oint (B_{\delta y} \cdot B_{\delta z}) dx dz /_{y=0} \quad (3)$$

$$S_{\text{ЭМ}} = J \frac{\omega_1 \cdot C_0^2 \cdot l^3}{16\pi^2 \mu_0} \sum_n \sum_v Y_n^2 |K_v| \frac{ch \xi_1 \delta + b_1 sh \xi_1 \delta}{sh \xi_1 \delta + b_1 ch \xi_1 \delta} \quad (4)$$

$$P_{\text{ЭМ}} = Re S_{\text{ЭМ}} \quad (5)$$

$$\eta_{\text{ЭМ}} = \frac{P_2}{P_{\text{ЭМ}}} = \frac{F_x \cdot V}{P_{\text{ЭМ}}} \quad (6)$$

$$\cos \varphi_{\text{ЭМ}} = \frac{P_{\text{ЭМ}}}{S_{\text{ЭМ}}} \quad (7)$$

КПД и коэффициент мощности определяются по известным соотношениям (Scobelev V.E., Solovyev G.I., Erifanov A.P., 1980), [1, 8].

В программу расчёта вводятся конструктивные параметры ЛАД, в том числе и зубцового слоя индуктора, в итоге получены интегральные характеристики  $F_x, F_y, P_{\text{ЭМ}}, Q_{\text{ЭМ}}, P_2, x_{\sigma}, \eta, \cos \varphi = f(s, x)$  или локальные  $B_{\delta y}, B_{\delta x}, J_{2z} = f(s, x)$  (Scobelev V.E., Solovyev G.I., Erifanov A.P., 1980). В таблице 3 приведены значения параметров и рассчитанные характеристики тягового усилия ЛАД в функции скольжения для ООО «Племенной завод «Бугры» при условии  $I_1 = const$  и  $U_1 = const$  (рис. 7). Характеристики получены при питании обмоток от генератора или трансформатора при отсутствии  $I \times R$  – компенсации, т.е. учет этого явления приведет к некоторому росту сил, мощностей, что заметно сказывается при низких частотах. За рабочий режим (рабочую точку) можно принять скольжение  $s = 0,25, f_2 = 2$  Гц при  $f_1 = 8$  Гц; при этом коэффициент полезного действия  $\eta = 0,41$ ; и коэффициент мощности  $\cos \varphi = 0,752$ .

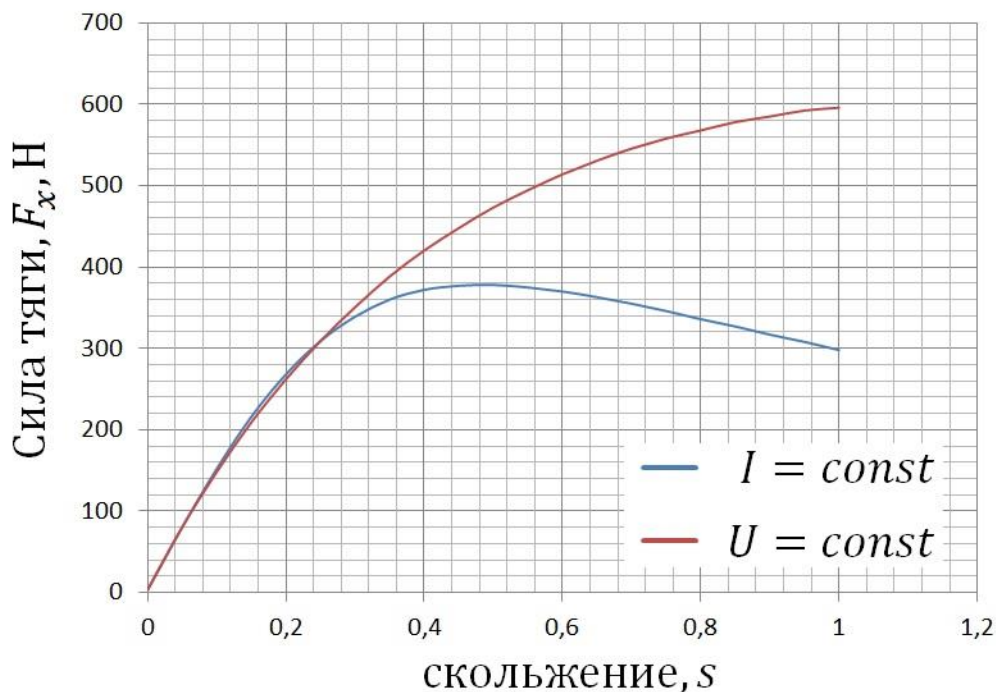


Рисунок 7. Интегральные тяговые характеристики ОЛАД с массивным обратным магнитопроводом

Figure 7. Integral traction characteristics of the OLAD with a massive reverse magnetic circuit

При питании ЛАД от преобразователя частоты могут быть использованы режимы усиления и ослабления магнитного потока, изменяя значение  $I \times R$  –компенсации.

**Выводы.** По результатам исследований можно заключить следующее:

1. Рассмотренная в статье монорельсовая система кормораздачи с линейным асинхронным приводом может рассматриваться как альтернативный вариант электроприводу по системе «вращающийся двигатель – редуктор – ведущие ролики» в силу ряда преимуществ.
2. Обоснована целесообразность внедрения линейного асинхронного электропривода и доказана его эффективность в монорельсовых низкоскоростных транспортных системах.
3. Подобная транспортная система может найти применение в том числе и в крупных тепличных хозяйствах.

#### Список источников литературы

1. Епифанов А.П., Малайчук Л.М., Гушинский А.Г. Электропривод: Учебник/ Под ред. А.П. Епифанова. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 400 с.: ил.
2. Механизированная кормораздача. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docplayer.ru/59219995-Pellon-mehanizirovannaya-kormorazdacha.html> (дата обращения: 20.12.2021).
3. Альбом по животноводству. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.agrokem.ru/images/Catalogues/pdf/Pellon\\_Goweil\\_RU.pdf](http://www.agrokem.ru/images/Catalogues/pdf/Pellon_Goweil_RU.pdf) (дата обращения: 20.12.2021).
4. Тракторы – Минский тракторный завод (каталог). [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/tractors/> (дата обращения: 20.12.2021).
5. Купреенко А.И., Исаев С.Х, Михайличенко С.М. Выбор режима работы автоматического кормового типа DeLaval RA135 // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2018. - № 1 (17). – С. 10-17.
6. Практика приводной техники SEW EURODRIVE. Электромагнитная совместимость (ЭМС) в приводной технике. – СПб., 2002.
7. Епифанов А.П. Криль Д.Б. Анализ внутренних транспортных систем животноводческих комплексов и тепличных хозяйств и возможность их модернизации // Агротехника и энергообеспечение. – 2021. - № 1(30). - С.33-43
8. Епифанов А.П. Научные основы проектирования тяговых линейных асинхронных двигателей.: дис... доктора техн. наук. – СПб, 1992.
9. Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston Jr., John T. DeWolf, David F. Mazurek. Mechanics of Materials, 7-th Edition. McGraw-Hill Education; 7-th edition, January, 2014
10. Arora S.L. New simplified Physics: A Reference Book. Dhanpat Rai & Co, January, 2021
11. Karaliunas B. Study on the Bracing Characteristics of Linear Induction Motors. Electronics and Electrical Engineering, 2012, pp. 49-52.

#### References

1. Epifanov, A.P., Malaychuk, L.M.. and Gushchinsky, A.G. (2012), Elektroprivod [Electric Drive], Publishing house "Lan", Saint-Petersburg, Russia.
2. Mechanized feeding (2005), available at: <https://docplayer.ru/59219995-Pellon-mehanizirovannaya-kormorazdacha.html> (Accessed 12 December 2021).
3. Album on animal husbandry (2003), available at: [http://www.agrokem.ru/images/Catalogues/pdf/Pellon\\_Goweil\\_RU.pdf](http://www.agrokem.ru/images/Catalogues/pdf/Pellon_Goweil_RU.pdf) (Accessed: 12 December 2021).
4. Tractors - Minsk Tractor Works (2018), available at: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/tractors/> (Accessed: 12 December 2021).
5. Kupreenko, A.I., Isaev, S.H. and Mihajlichenko, S.M. (2018), “Selecting the operating mode of the automatic feed wagon type DeLaval RA135”, *Konstruirovanie, ispol'zovanie i nadezhnost' mashin sel'skhozyaistvennogo naznacheniya*, vol.1(17), pp. 10-17.
6. Practice in drive technology from SEW EURODRIVE (2002), Electromagnetic compatibility (EMC) in drive technology, available at: <https://www.sew-eurodrive.ru/os/dud/?tab=documents&country=>

- RU&language=ru\_ru&doc\_lang=ru-RU,en-US&doc\_type=G,F,DD,CD,PL,V,D,H,E,A&gid=PFAD, (Accessed: 12 December 2021).
7. Epifanov, A.P. and Krill, D.B. (2021), “Analysis of internal transport systems of livestock complexes and greenhouses and the possibility of their modernization” *Agrotechnics and energy supply*, vol. 1(30), pp. 33-43.
  8. Epifanov, A.P. (1992) “Scientific basis for designing traction linear asynchronous motors”, Doctor of Technology Thesis, Leningrad Polytechnic Institute. M. I. Kalinina, Saint-Petersburg, Russia.
  9. Ferdinand, P., Beer, E., Russell Johnston, Jr., John, T. DeWolf and David F. Mazurek (2014), “*Mechanics of Materials*”, 7-th Edition. McGraw-Hill Education, New York, USA.
  10. Arora, S.L. (2021), “*New simplified Physics: A Reference Book*”, Dhanpat Rai & Co, London, Great Britain.
  11. Karaliunas, B. (2012), “Study on the Bracing Characteristics of Linear Induction Motors”. *Electronics and Electrical Engineering*, vol. 2(118), pp. 49-52.

#### Сведения об авторах

**Епифанов Алексей Павлович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 6774-3270.

**Криль Дмитрий Богданович** – старший преподаватель кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2185-9076.

#### Information about the authors

**Epifanov Aleksey Pavlovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Electrical Power Engineering and Electrical Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 6774-3270.

**Kril Dmitry Bogdanovich** - Senior Lecturer of the Department of Electrical Power Engineering and Electrical Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2185-9076.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 15.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.03.2022 г.; принята к публикации 22.03.2022 г.*

*The article was submitted 15.01.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted after publication 22.03.2022.*

Научная статья  
УДК 631.544.45:621.321  
doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-125-134

## ЦИФРОВОЙ СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТИЛЬНИК С РЕГУЛИРУЕМЫМ СПЕКТРОМ

Алексей Петрович Мишанов<sup>1</sup>, Елена Николаевна Ракутько<sup>2</sup>,  
Сергей Анатольевич Ракутько<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия; [amishanov@mail.ru](mailto:amishanov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9838-5508>

<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия; [elena.rakutko@mail.ru](mailto:elena.rakutko@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>

<sup>3</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д.3, Санкт-Петербург, 196625, Россия; [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>

**Реферат.** В данной статье на основании анализа научных исследований по воздействию оптического излучения на развитие растений и нормативной документации определены минимальные требования к цифровому светодиодному светильнику с регулируемым спектром. При создании светильника в качестве источников излучения использовали элементную базу фирмы OSRAM. Приведен пример определения величины напряжения, необходимого для обеспечения заданного процентного соотношения цветов в спектре светильника при изменении свечения красных излучателей. Различие расчетных и измеренных значений в красном диапазоне от 45 до 70% в общем спектре не превышает 4,1%. Полученные значения напряжений предназначены для создания алгоритма цифро-аналогового управления спектральным составом светового потока при помощи логического контроллера. Определены уровни освещенности и предельные размеры освещаемых поверхностей в зависимости от изменения высоты подвеса светильника при выращивании растений на поверхности и на трех различных ярусах. Коэффициент неравномерности освещенности ( $z$ ) не превышает 15%. Максимальный уровень освещенности ( $E_{\max}$ ) на поверхности стола  $0,8 \times 0,4$  м при включении всех четырех каналов управления на 100% составляет  $1359 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . В диапазон фотосинтетической активной радиации (ФАР) попадает  $950,9 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . По результатам измерений оптических параметров светильника выявлено, что изготовленный вариант светильника соответствует изначальным заявленным требованиям. Возможность плавного управления спектральным составом позволяет использовать данное оборудование в сочетании с адаптивными системами управления. Использование общедоступного светотехнического калькулятора, представленного фирмой OSRAM, дает возможность для самостоятельной разработки светильников для выращивания растений.

**Ключевые слова:** светильник для растений, светокультура, спектр, светодиод, драйвер

**Цитирование.** Мишанов А.П., Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. Цифровой светодиодный светильник с регулируемым спектром// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 125-134. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-125-134.

## DIGITAL LED LIGHTING FIXTURE WITH ADJUSTABLE LIGHT QUALITY

Aleksi P. Mishanov<sup>1</sup>, Elena N. Rakutko<sup>2</sup>, Sergei A. Rakutko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSAC VIM, Filtrovskoje Shosse, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; amishanov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9838-5508>

<sup>2</sup> Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSAC VIM, Filtrovskoje Shosse, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; elena.rakutko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>

<sup>3</sup> Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSAC VIM, Filtrovskoje Shosse, 3, St. Petersburg, 196625, Russia; sergej1964@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>

**Abstract.** This article describes the minimal requirements for a digital LED lighting fixture with adjustable light quality, which are defined by the survey of the study results concerning the optical radiation effects for plant development, and review of normative documents. The lighting fixture is based on OSRAM emitters. The document gives an example of how to determine the voltage required to ensure the specified percentage of colors in the spectrum of the lamp when the glow of the red emitters changes. The difference between calculated and measured values in the red range from 45 to 70% of the total spectrum did not exceed 4.1%. The resulting voltage values are destined to create an algorithm for digital-analog control of the light flux spectral composition with assistance a logic controller. The light levels and the maximum sizes of the illuminated surfaces are determined depending on the change in the height of the lamp suspension when growing plants on the surface and on three different tiers. The coefficient of non-uniformity of illumination ( $z$ ) did not exceed 15%. The maximum level of illumination ( $E_{max}$ ) on the flat surface of 0.8\*0.4 m was 1359  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  when all four control channels were turned on to 100%. Photosynthetic active radiation (PAR) was 950.9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . The results of optical parameters measurements of the lighting fixture revealed that its manufactured version corresponded to original specifications. The smooth controllability of the light quality of the lighting fixture allows combining it with adaptive control systems. The public availability of the light calculator of OSRAM company provides an opportunity for individual designing of lighting fixtures for indoor plant growing.

**Keywords:** lighting fixture, indoor plant growing, light quality, LED, driver

**Citation.** Mishanov, A.P., Rakutko, E.N. and Rakutko, S.A. (2022), “Digital LED lighting fixture with adjustable light quality”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, pp. 125-134 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-125-134.

**Введение.** Одним из наиболее важных параметров для роста и развития растений являются качественные и количественные показатели световой среды. Растения существенным образом реагируют на изменения в спектральном составе источника света, режимы освещения и продолжительность фотопериода. Для исследования влияния указанных факторов необходимо наличие осветительной установки с регулируемым спектром. Одним из более рациональных вариантов создания установки является использование некоего «базового» набора излучателей, обеспечивающих спектральный состав и уровень освещенности, достаточный для полноценного обеспечения растений световой энергией.

Работа по созданию управляемых светодиодных светильников особенно актуальна в настоящее время, в период развития овощеводства защищенного грунта и выращивания растений в условиях сити-фермерства [1].

На рынке светотехнической продукции представлен довольно широкий выбор готовых светодиодных источников света и элементной базы, включая оборудование для питания

светодиодов и обеспечения управления режимами их работы. Это дает возможность самостоятельной компоновки облучателей с характеристиками, необходимыми для решения конкретных задач.

**Цель исследования** – выбор требований и создание цифрового светодиодного светильника с управляемым спектром на основе современных излучателей.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В данной работе рассмотрены вопросы создания цифрового светодиодного светильника с регулируемым спектром для выращивания растений, преимущественно для научно-исследовательских целей. Предварительные расчеты проводили с использованием общедоступной программы расчета параметров облучателей с элементной базой от фирмы OSRAM [2].

Основными культурами, выращиваемыми в защищенном грунте круглогодично, являются томат, огурец и зеленные. Требования к качеству светового потока у всех видов растений различные, однако, проведенные исследования позволяют сформулировать ряд требований, охватывающих потенциально необходимые количественные и качественные показатели оптического излучения для обеспечения дальнейших исследований в данной области. Наиболее благоприятными для выращивания светлюбивых растений являются интенсивности ФАР в пределах 150—220 Вт·м<sup>-2</sup>. Синяя область спектра (*B*) в диапазоне длин волн 400-500 нм вызывает торможение роста стебля и поверхности листьев, при этом отмечается высокий фотосинтез в расчете на единицу площади листа. Красная область спектра (*R*) 600-700 нм способствует более интенсивному росту площади листьев, но приводит к вытягиванию осевых органов. Использование зеленого диапазона спектра (*G*) приводит к утоньшению листьев и снижению фотосинтеза на единицу площади листа. Положительное влияние на урожай дает соотношение между диапазонами спектра: для томата *B* – 20%, *G* – 20%, *R* – 60%; для огурца – 20%:40%:40% соответственно. Помимо основной доли энергии в диапазоне ФАР растения также положительно реагируют на долю энергии в дальнем красном (*FR*) диапазоне спектра (700–780 нм), поэтому включение в состав спектра облучателя светодиодов с длиной волны в данном диапазоне является целесообразным [3, 4].

Изменение параметров оптического излучения вызывает реакцию у растений с различной степенью выраженности [5-7], что подтверждает целесообразность работ по созданию светодиодных источников облучения растений с возможностью изменения спектрального состава и светового потока, благодаря чему можно целенаправленно влиять на развитие растений в зависимости от поставленных задач [8, 9].

Основные требования, предъявляемые к светильнику:

- эффективность светильника в области ФАР (мкмоль/Дж) при условии верхнего расположения облучателей должна быть не менее 2,0. Коэффициент мощности должен быть не менее 0,92;

- в синем диапазоне спектра пик должен находиться в интервале от 440 до 460 нм, в красном – от 635 до 666 нм;

- наличие излучения в области *FR* из расчета не менее 50% от доли *R* в диапазоне ФАР;

- основная доля излучения обеспечивается светодиодами белого свечения с цветовой температурой 4000 К;

- управление яркостью свечения осуществляется по четырем независимым каналам;

- базовое процентное соотношение цветов в спектре в области ФАР:  $K_B:K_G:K_R=30\%:20\%:50\%$ ;

- расчетная площадь облучения – не менее 0,3 м<sup>2</sup> при размещении облучателей над растениями на высоте 0,5 м и уровне облученности не менее 1000±10% мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> в области ФАР при включении четырех каналов в работу на 100% уровнях. Допустимая неравномерность создаваемой облученности не более 15%.

Возможность плавного управления спектральным составом позволяет использовать данное оборудование в сочетании с адаптивными системами управления [10].



Для создания различных вариантов в спектральном составе регулируемого светильника необходимо наличие цифро-аналоговых устройств, позволяющих подавать на канал управления драйвера сигнал в соответствии с алгоритмом, заложенным в контроллер. В качестве контроллера применяли оборудование фирмы «Овен» ПЛК-160.

Для определения величины напряжения на управляющем канале драйвера с целью получения спектральной кривой с определенным соотношением цветов необходимо провести предварительный расчет для конкретного варианта светильника.

В обобщенном виде полный спектр светильника, рассматриваемого в данной работе, для диапазона ФАР описывается уравнением:

$$y_s = y_{RR} + y_{RW} + y_{BW} + y_{GW} + y_{BB}, \quad (1)$$

где  $y_{RR}$  – влияние на красный диапазон воздействия от красных излучателей;

$y_{RW}$  – влияние на красный диапазон воздействия от белых излучателей;

$y_{BW}$  – влияние на синий диапазон воздействия от белых излучателей;

$y_{GW}$  – влияние на зеленый диапазон воздействия от белых излучателей;

$y_{BB}$  – влияние на синий диапазон воздействия от синих излучателей.

С целью упрощения рассмотрим пример подбора спектрального состава с использованием только светодиодов теплого белого (W) и красного свечения с заданным соотношением цветов. Для этого примем ряд ограничений: светодиоды синего и дальнего красного свечения в светильнике выключены; получение заданного спектра осуществляется изменением яркости свечения светодиодами только красного цвета; изменение уровня освещенности в исходной точке при изменении яркости свечения не учитывается. В соответствии с паспортными данными драйвер обеспечивает линейную характеристику изменения яркости свечения светодиодов в диапазоне 1 – 8,5 В (от 10 до 100%). В случае с моноспектральным излучением для светодиодов красного цвета уровень облученности будет изменяться согласно уравнениям:

$$y = \begin{cases} 10\%, & \text{при } x \leq 1,0 \text{ В;} \\ kx + b, & \text{при } 1,0 < x < 8,5 \text{ В;} \\ 100\%, & \text{при } x \geq 8,5 \text{ В} \end{cases} \quad (2)$$

Для определения соотношения цветов в общем спектре светового потока при изменении яркости свечения только красных излучателей справедливо уравнение:

$$\bar{R}_{norm} = \frac{R_R + R_W}{R_R + R_W + G_W + B_W + B_R}, \quad (3)$$

где  $R_R$  – энергия в красном диапазоне спектра от красного SD,  $\text{мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\bar{R}_{norm}$  – доля энергии определенного диапазона в спектре ФАР, отн.ед;

$R_W$  – энергия в красном диапазоне от белого SD,  $\text{мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$G_W$  – энергия в зеленом диапазоне от белого SD,  $\text{мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$B_W$  – энергия в синем диапазоне от белого SD,  $\text{мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$B_B$  – энергия в синем диапазоне от синего SD,  $\text{мкм} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

После преобразования уравнения 3 получим уравнение для определения количества энергии, которое нужно добавить светодиодами красного свечения к светодиодам белого свечения для получения желаемой доли красного в общем спектре:

$$R_R = \frac{\bar{R}_{norm} (R_W + G_W + B_W + B_B)}{1 - \bar{R}_{norm}}. \quad (4)$$

В данном уравнении величину  $\bar{R}_{norm}$  нужно подставлять не в процентах, а в относительных единицах. Например, содержание в красном диапазоне энергии в соотношении 50% от доли энергии в общем спектре нужно выразить как  $\bar{R}_{norm} = 0,5$ .

**Результаты исследований.** Изготовленный светильник с изменяемым спектром представляет собой модульную сборку из 5 светильников с общим количеством светодиодов в количестве 560 штук, размещенных на 20 платах (рис.1). На каждой из плат установлены по 28 излучателей. Расстояние между центрами плат на радиаторном профиле является фиксированным и составляет 218 мм. Между профилями расстояние может меняться. В данной статье выбраны расстояния между центрами крайних радиаторов, соответствующие 1,0; 1,3 и 1,6 м. На каждой из плат в качестве излучателей применены светодиоды следующих типов: синего цвета OSLOM Sguare GD CSSRM 2.14 ( $\lambda=445$  нм) – 3 шт., белого (W) OSLOM Sguare GW CSSRM 2PM (4000K, White) – 5 шт., красного OSLOM Sguare GH CSSRM 3.24 ( $\lambda=660$  нм) – 7 шт. и дальнего красного SSL 150 GF CSHPM 3.24 ( $\lambda=730$  нм) – 13 шт. В качестве вторичной оптики используются линзы CS16323\_STRADELLA-IP-28-HB-M (100\*100 мм). Максимальный уровень облученности при включении всех четырех каналов управления на 100% составляет  $1359 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , при этом на область ФАР приходится  $950,9 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

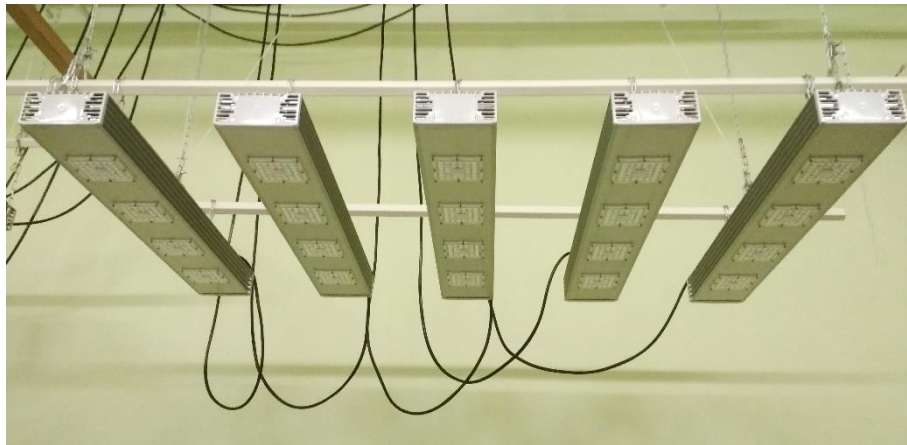


Рисунок 1. Общий вид лабораторного светильника  
 Figure 1. General view of the laboratory-scale lighting fixture

Проведем расчет необходимого количества фотонного потока от красных излучателей и необходимое значение напряжения для управления их яркостью для обеспечения желаемых долей энергии в красном диапазоне в общем спектре светильника. Рассмотрим пример, когда требуется обеспечить наличие энергии в красном диапазоне на уровне 50% при использовании только белых и красных типов излучателей.

Белый свет представляет собой сочетание всех цветов радуги. Для нашего случая светодиоды белого цвета в точке измерения имеют значения энергии:  $R_W = 73,5 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ,

$G_W = 109,1 \text{ мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $B_W = 42,6 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  и характеризуются следующим соотношением цветов в спектре:  $K_B:K_G:K_R = 18,9\%:48,5\%:32,6\%$ . Светотехнические характеристики измеряли при помощи прибора МК350N фирмы UPRtek и LiCor-250A.

Для выбранной точки измерения фактический измеренный максимальный уровень облученности  $Q_{\max}$  при  $U \geq 8,5 \text{ В}$  для светодиодов белого цвета составил  $225,2 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , для красных –  $365,8 \text{ мкМ} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . При  $U \leq 1,0 \text{ В}$  значение уровня облученности является минимальным  $Q_{\min}$  (10% от  $Q_{\max}$ ) и для красных светодиодов составляет  $36,6 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

По данным  $Q_{\max}$  и  $Q_{\min}$  для красных светодиодов при помощи программы Excel получаем уравнение линейного вида, описывающее величину уровня облученности в зависимости от напряжения, подаваемого на вход управления драйвера:

$$y = 43,9x - 7,32, \quad (5)$$

где  $x$  – напряжение, подаваемое на вход управления драйвера, В.

Подставив в уравнение 4 значения указанных величин, получим значение  $R_R = 78,2 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}$ .

Для определения численного значения напряжения, необходимого для подачи на канал управления драйвера с целью получения уровня заданного  $R_R$ , нужно воспользоваться уравнением 5, предварительно выразив значение  $x$ . Далее, по известным уравнениям 2, описывающих изменения величины выходных сигналов драйверов в зависимости от величины управляющих сигналов, определяем теоретические значения напряжений для изменения доли энергии красного диапазона в общем спектре светильника с шагом, кратным 5%. По расчетным и фактически измеренным данным построены графики (рис. 2).

Изменение красного диапазона влияет на изменение общей кривой спектра (рис.3).



Рисунок 2. Расчетные и измеренные величины процентного соотношения между цветами в спектре светильника

Figure 2. Estimated and measured values of the colour ratio in the lighting fixture spectrum

Расхождения между расчетными и измеренными значениями для обеспечения доли красного в общем спектре светильника в диапазоне от 50 до 70% не превышает 1,5%. Для значения 45% расхождение не превышает 4,1%. Изменение красного диапазона влияет на изменение общей кривой спектра (рис. 3).

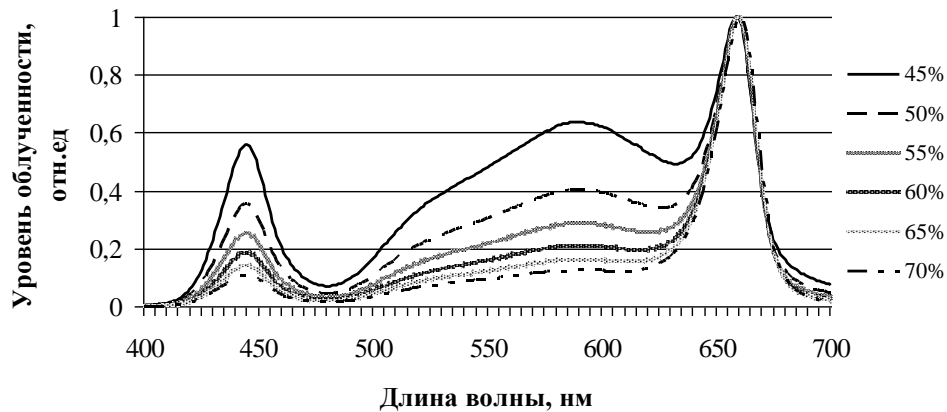


Рисунок 3. Изменение кривой спектра при увеличении доли излучения в красном диапазоне

Figure 3. The spectrum curve behaviour with increasing share of red radiation

В таблице 1 представлены данные по изменению площади освещаемой поверхности стола с  $z \leq 15\%$  и уровня освещенности в зависимости от высоты подвеса и расстояния между крайними платами светильника (в продольном направлении).

Таблица 1. Результаты измерения для поверхности стола  
 Table 1. Measurement results for the flat surface

Расстояние между центрами крайних плат, м	Высота подвеса светильника, м	Размер освещаемой поверхности с $z \leq 15\%$ , м	$E_{max}$ (диапазон ФАР) $\text{мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
1,0	0,5	0,8*0,4	950,9
	0,75	0,8*0,4	694,9
	1,0	0,8*0,4	508,3
1,3	0,5	0,8*0,4	756,8
	0,75	0,8*0,6	573,9
	1,0	0,8*0,6	432,6
1,6	0,5	1,0*0,6	612,3
	0,75	1,0*0,6	483,9
	1,0	1,0*0,6	378,2

При проведении исследований часто появляется необходимость создания различных уровней освещенности с одинаковым спектральным составом. Это возможно осуществить путем использования ярусов, разнесенных в пространстве относительно друг друга. В таблице 2 представлены результаты измерений, аналогичные представленным в таблице 1, только для трех ярусов, расположенных на расстоянии 0,5; 0,75 и 1 м от поверхности светильника. При измерении учитывали только энергию в диапазоне ФАР. Направление центрального яруса (по длине) совпадает с центральной осью светильника, проходящей вдоль его длинной стороны. Остальные ярусы расположены параллельно и смещены относительно центрального яруса на 0,3 м.

Представленные в таблицах данные измерений покрывают все необходимые диапазоны уровней освещенности, достаточные для выращивания большинства видов овощных и зеленных культур. Промежуточные значения могут быть получены интерполяцией.

Измеренная активная мощность лабораторного светильника при максимальном уровне свечения всех групп светодиодов составила  $P=820 \text{ Вт}$ ,  $\cos\varphi = 0,97$ .

Таблица 2. Результаты измерения для трех ярусов  
 Table 2. Measurement results for the three tiers

Расстояние между центрами крайних плат, м	Высота подвеса светильника, м	Размер освещаемой поверхности с $z \leq 15\%$ , м	$E_{max}$ (диапазон ФАР) $\text{МКМОЛЬ} \cdot \text{М}^{-2} \cdot \text{С}^{-1}$
1,0	0,50	0,2*0,8	734,2
	0,75	0,2*0,8	687,4
	1,0	0,2*1,0	439,0
1,3	0,50	0,2*1,2	585,5
	0,75	0,2*1,2	567,2
	1,0	0,2*1,2	377,4
1,6	0,50	0,2*1,6	472,2
	0,75	0,2*1,4	477,2
	1,0	0,2*1,4	329,7

Представленный вариант лабораторного светильника предназначен для создания различных условий облучения растений в научно-исследовательских целях. Увеличение площади облучаемой поверхности может быть достигнуто путем добавления дополнительных модулей с источниками излучения. Данный вариант рассматривается в качестве одного из возможных решений при создании собственного проекта осветительной установки [11].

#### Выводы.

В данной работе выявлены основные требования к лабораторному светильнику, предназначенному для создания светового потока с регулируемым спектром. Рассмотрен пример определения величин напряжения для автоматического управления спектральным составом светового потока многоканального светильника с использованием логического контроллера. Определены уровни освещенности и предельные размеры освещаемых поверхностей с  $z \leq 15\%$  для поверхности стола и трех ярусов.

#### Список источников литературы

1. Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. // Новые технологии в овощеводстве защищённого грунта // Овощи России. – 2016. – № 4 (33). – С. 3-9.
2. [Электронный ресурс]: URL: <https://apps.osram-os.com/horticulture> (дата обращения: 10.08.2020).
3. Hao X., Little C., Zheng J.M., Cao R. Far-red LEDs improve fruit production in greenhouse tomato grown under high-pressure sodium lighting // Acta Horticulturale. – 2016. – Vol. 1134. – pp 95-102.
4. Смирнов А.А., Прошкин Ю.А., Соколов А.В. Оптимизация спектрального состава и энергетической эффективности фитооблучателей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 1 (34). – С. 53-60.
5. Naznin M., Lefsrud M., Gravel V., Azad M. Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment // Plants. – 2019. – Vol. 8. – No 93 (doi:10.3390/plants8040093).
6. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Влияние спектрального состава излучения на энергоэкологичность светокультуры // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (54). – С. 168-174.
7. Никонович Т.В., Добродькин М.М., Моисеева М.О., Кильчевский А.В., Филипена В.Л., Чижик О.В., Трофимов Ю.В. Влияние светодиодного освещения на развитие растений салата листового // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 101-106.
8. Yakovlev A.N., Turanov S.B., Kozyreva I.N., Starodubtseva D.V. Sources with Different Spectra Radiation Influence on Plants Growth and Development // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1040. – pp. 830-834.

9. Paradiso R., Proietti S. Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems // *Journal of Plant Growth Regulation*. – 2021 (doi: 10.1007/s00344-021-10337-y).
10. Корепанов В.И., Козырева И.Н. Методы создания адаптивных энергосберегающих облучательных установок для теплиц // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2014. – Т. 57. – № 9/3. – С. 89-93.
11. Ракутько С.А., Мишанов А.П., Ракутько Е.Н. Методика расчета комбинированного светодиодного облучателя для растений // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. – 2018. – №95. – С. 89 -100.

### References

1. Sirota, S.M., Balashova, I.T., Kozar, E.G. and Pinchuk E.V. (2016), “The new technologies in indoor cultivation of vegetables growing”, *Ovoshhi Rossii*, vol. 4, no. 33, pp. 3-9.
2. [Online], available at: <https://apps.osram-os.com/horticulture> (Accessed 10 Aug. 2020).
3. Hao, X., Little, C., Zheng, J.M. and Cao, R. (2016), “Far-red LEDs improve fruit production in greenhouse tomato grown under high-pressure sodium lighting”, *Acta Horticulturae*, vol. 1134, pp 95-102.
4. Smirnov, A.A., Proshkin, Yu.A. and Sokolov, A.V. (2019), “Optimization of spectral composition and energy efficiency of led horticultural lighting systems”, *E`lektrotexnologii i e`lektrooborudovanie v APK*, vol. 1, no. 34, pp. 53-60.
5. Naznin, M., Lefsrud, M., Gravel, V. and Azad, M. (2019) “Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment”, *Plants*, Vol. 8, no 93 (doi:10.3390/plants8040093).
6. Rakutko, S.A. and Rakutko, E.N. (2019), “Impact of spectral radiation composition on energy environmental light culture”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 1, no. 54, pp. 168-174.
7. Nikonovich, T.V., Dobrodkin, M.M., Moiseeva, M.O., Kilchevskij, A.V., Filipenya, V.L., Chizhik, O.V. and Trofimov, Yu.V. (2018), “LED lighting effect of plants development of leaf lettuce”, *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii*, Vol. 3, pp. 101-106.
8. Yakovlev, A.N., Turanov, S.B., Kozyreva, I.N. and Starodubtseva D.V. (2014), “Sources with Different Spectra Radiation Influence on Plants Growth and Development”, *Advanced Materials Research*, vol. 1040, pp. 830-834.
9. Paradiso, R. and Proietti, S. (2021), “Light-Quality Manipulation to Control Plant Growth and Photomorphogenesis in Greenhouse Horticulture: The State of the Art and the Opportunities of Modern LED Systems”, *Journal of Plant Growth Regulation* (doi: 10.1007/s00344-021-10337-y).
10. Kozyreva, I.N. and Korepanov, V.I. (2014), “Methods of creation adaptive energy-saving irradiation facilities for greenhouses”, *Russian Physics Journal*, vol. 57, no. 9-3, pp. 89-93.
11. Rakutko, S.A., Mishanov, A.P. and Rakutko, E.N. (2018), “Calculation method of combined led irradiator for plants”, *Texnologii i texnicheskie sredstva mexanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhitovnovodstva*, vol. 95, pp. 89-100.

### Сведения об авторах

**Мишанов Алексей Петрович** – старший научный сотрудник лаборатории «Энергоэкология светокультуры», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, spm-код: 5568-5732.

**Ракутько Елена Николаевна** – научный сотрудник лаборатории «Энергоэкология светокультуры», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, spm-код: 1427-3360.

**Ракутько Сергей Анатольевич** – доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории «Энергоэкология светокультуры», Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, spm-код: 5103-4590.

**Information about the authors**

**Aleksei P. Mishanov** – senior researcher, Department of Energy and Ecology of Horticulture, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, spin-code: 5568-5732.

**Elena N. Rakutko** – researcher, Department of Energy and Ecology of Horticulture, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, spin-code: 1427-3360.

**Sergei A. Rakutko** – DSc (Engineering), chief researcher, Department of Energy and Ecology of Horticulture, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, spin-code: 5103-4590.

**Авторский вклад.** Все авторы статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и поиске литературы. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Authors' contribution.** All authors of this paper have directly participated in the study planning and execution, and literature survey. All authors have read and approved the final version of the paper submitted.

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

*Статья поступила в редакцию 31.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 10.03.2022 г.; принята к публикации 17.03.2022 г.*

*The article was submitted 31.01.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted after publication 17.03.2022.*

Научная статья

УДК635.621: 631.5

doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-134-143

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ СЕМЯН  
ТЫКВЫ КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗАЦИИ  
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

**Андрей Владимирович Гончаров<sup>1</sup>, Александр Григорьевич Левшин<sup>2</sup>,  
Ирина Николаевна Гаспарян<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный заочный университет, Шоссе Энтузиастов, 50, г. Балашиха, Московская область, 143907, Россия; tikva2008@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8363-3844>

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская улица, д.49, г. Москва, 127434, Россия; alevshin@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8010-4448>

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская улица, д.49, г. Москва, 127434, Россия; igasparyan@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4702-0095>

**Реферат.** Для обеспечения продовольственной безопасности необходимо увеличить производственные посевы бахчевых культур, это невозможно без использования семян отечественного производства. Отечественных сортов все меньше, изучение и сравнение свойств семян отечественных и зарубежных сортов и сортобразцов тыквы интересно для овощеводства в целом, в том числе для бахчеводства в умеренной зоне. Семена тыквы можно

использовать разносторонне: используются в пищу в натуральном виде, в качестве сырья для переработки, из них готовят медицинские и ветеринарные препараты. Исследования проведены в условиях Московской области. Технология возделывания, постановка полевых исследований и статистическая обработка – стандартная, по методике Доспехова Б.А. Исследования проводили с 2016 по 2020 годы. Были изучены 16 сортов и сортообразцов тыквы разных видов. На основании проведенных исследований были выделены сорта и сортообразцы с наиболее высокой твердостью, подходящие для возделывания в условиях умеренного климата и пригодных для механизированной уборки. Выявлено, что изученные семена сортов и сортообразцов тыквы имеют специфические особенности в физико-механических свойствах, различие которых составляет 45-48%. Полученные справочные данные по физико-механическим свойствам сортов и сортообразцов можно использовать для совершенствования технологических процессов механизированного возделывания в условиях умеренной зоны.

**Ключевые слова:** тыква, сорт, физико-механические свойства семян, аэродинамические свойства семян

**Цитирование.** Гончаров А.В., Левшин А.Г., Гаспарян И.Н. Физико-механические свойства сортов и сортообразцов семян тыквы как основа совершенствования механизации возделывания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 134-143. doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-134-143.

**Благодарности.** Исследователи благодарны научному руководителю Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Пивоварову Виктору Федоровичу за оказание общей методической помощи в проведении данного исследования применительно к семенам тыквы (*Cucurbita*).

**Финансирование.** Работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF VARIETIES AND CULTIVAR SAMPLES OF PUMPKIN SEEDS AS A BASIS FOR IMPROVING CULTIVATION MECHANIZATION

Andrey V. Goncharov<sup>1</sup>, Alexander G. Levshin<sup>2</sup>,  
Irina N. Gasparyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian Correspondence University, Shosse Entuziastov, 50, Balashikha, Moscow region, 143907, Russia; tikva2008@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8363-3844>

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University-MSHA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127434, Russia; alevshin@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8010-4448>

<sup>3</sup> Russian State Agrarian University-MSHA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127434, Russia; igasparyan@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4702-0095>

**Abstract.** To ensure food security, it is necessary to increase the production crops of gourds, this is impossible without the use of domestically produced seeds. There are less and less domestic



varieties, the study and comparison of the properties of seeds of domestic and foreign varieties and varieties of pumpkin is interesting for vegetable growing in general, including melon growing in the temperate zone. Pumpkin seeds can be used in multiple ways: they are used as food in their natural form, as a raw material for processing, they are used to prepare medical and veterinary drugs. The studies were carried out in the conditions of the Moscow region. Cultivation technology, field research and statistical processing standard were according to the method of Dospekhov B.V. The research was made from 2016 to 2020. 16 varieties and cultivar samples of pumpkins of different species were studied. Based on the research, varieties and variety samples with the highest hardness were identified, suitable for cultivation in temperate climates and suitable for mechanized harvesting. It was revealed that the studied seeds of varieties and cultivar samples of pumpkin have specific features in physical and mechanical properties, the difference of which is 45-48%. The obtained reference data on the physical and mechanical properties of varieties and cultivar samples can be used to improve the technological processes of mechanized cultivation in the temperate zone.

**Keywords:** *pumpkin, variety, physical and mechanical properties of seeds, aerodynamic properties of seeds*

**Citation.** Goncharov, A.V., Levshin, A.G. and Gasparyan, I.N. (2022), “Physical and mechanical properties of varieties and cultivar samples of pumpkin seeds as a basis for improving cultivation mechanization”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 66, no. 1, p. 134-143 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2022-1-134-143.

**Appreciation.** Appreciation. The researchers are grateful to the scientific director of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing (FGBNU FNTSO), Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Viktor Fedorovich Pivovarov for providing general methodological assistance in carrying out this study relating to pumpkin seeds (*Cucurbita*).

**Financing.** The work was carried out in accordance with the thematic plan of research works of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

**Введение.** По данным ученых, в питании человека овощные культуры должны занимать значительную часть рациона, примерно 95-100 кг овощей в год. Из них на бахчевые культуры по медицинским требованиям должно приходится 16-17 кг/год, в настоящее время приходится всего 6-6,5 кг/год (Белик В.Ф., 1982). Овощи являются поставщиками витаминов, микроэлементов, биологически активных веществ, клетчатки и т.д. Не менее ценными являются семена. Так, семена тыквы богаты содержанием жирно-кислотного состава, особенно незаменимыми, а также минеральными веществами и т.д. Многие ученые утверждают, что овощи, выращенные в более северных районах, образуют больше биологически активных веществ, витаминов и т.д. [1].

Тыква является теплолюбивой культурой, но прекрасно растет и в умеренной зоне. Возделывание в умеренной зоне позволяет получить более качественную продукцию за счет повышенного содержания жирных кислот, особенно незаменимой кислоты – линолевой, а также органических кислот, биологически активных веществ, минералов, которые образует растение для своей защиты от неблагоприятных условий.

Для обеспечения продовольственной безопасности необходимо увеличить производственные посевы бахчевых культур, это невозможно без использования семян отечественного производства. К сожалению, в последние годы происходит экспансия семян овощных культур, в том числе и тыквы. Отечественных сортов все меньше, поэтому изучение и сравнение свойств семян отечественных и зарубежных сортов и сортообразцов тыквы интересно для овощеводства в целом, в том числе для бахчеводства в умеренной зоне [2].

Семена тыквы можно использовать разносторонне: используются в пищу в натуральном виде, в качестве сырья для переработки, из них готовят медицинские и ветеринарные препараты. Тыква хорошо хранится, в связи с чем возможно использование и переработка на более длительное время, по сравнению с другими овощными культурами [3, 4]. Физико-механические свойства тыквы в специальной литературе мало представлены, а семена очень разнятся: есть маленькие, большие, с прочным околоплодником или без него, так называемые голосеменные формы и т.д. [5, 6, 7]. Изучение прочностных характеристик тыквы будет интересно для конструкторов и специалистов, занимающихся созданием и эксплуатацией машин для механизированного возделывания тыквы.

**Цель исследования** – определить прочностные свойства семян тыквы сортов и сортообразцов отечественного и зарубежного происхождения для механизированного возделывания в условиях Московской области.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования выполнены на полевом участке открытого грунта ФГБОУ ВО РГАЗУ (55°8094' северной широты, 37°9581' восточной долготы, на высоте 145 м над уровнем моря). Почва – дерново-подзолистая на подзолистом суглинке с мощностью пахотного горизонта 23 – 29 см. Агрохимические показатели почвы были следующими: азот общий – 1,59 – 1,91 мг на 100 г почвы, фосфор подвижный – 27,8 – 28,5 мг, калий подвижный – 24,2 – 26,1 мг, рН<sub>сол.</sub> – 5,8 – 6,6, содержание гумуса – 2,4 – 2,9%.

Рассада выращивалась в теплице общей продолжительностью 20 – 27 дней в зависимости от погодно-климатических условий, где поддерживалась температура воздуха до появления всходов 25 – 27°C, после появления всходов температуру воздуха понижали на 4 – 5 дней до 15 – 16°C днем и 12 – 14°C в ночное время; затем температурный режим был ночью 15 – 17°C, в пасмурную погоду – 17 – 18°C, в солнечные дни – 20 – 21°C. Проводились периодические поливы рассады водой и осуществлялась вентиляция теплицы для удаления излишней влажности. Далее рассада была высажена на полевой участок. Технология возделывания стандартная, опыт заложен по методике полевого опыта (Доспехов Б.А., 1979). Схема посадки растений сортообразцов тыквы фиголистной – 1,4 м x 2,1 м; тыквы мускатной, твердокорой и крупноплодной – 1,4 м x 1,4 м.

Материалом для исследований служили следующие сортообразцы четырех видов тыквы:

- тыква твердокорая: Spaghetti (Чехия), Пивденная (Украина), Мозолеевская 49 (Россия);
- тыква крупноплодная: Пастила шампань (Франция), Амбар (Россия), Marine Di Chioggia (Чехия), № 119-С (Россия);
- тыква мускатная: Butternut (Чехия), № 19-Пгв (Россия), Мускат Прованса (Франция), Красавица (Россия), Витаминная (Россия), № 13-М (Россия), № 26-Мч (Россия), № 28-Иг (Россия);
- тыква фиголистная: № 4480 (Россия).

Учитывали количественные признаки семян: длина, ширина в соответствии с ГОСТ 12038-84, проводили описание формы и окраски семени, определяли наличие рубчика в семени, выход ядра и лузги.

Определение коэффициента трения осуществлялось на лабораторном стенде, имеющее различные материалы (сталь, оргстекло, дерево, алюминий). Аэродинамические показатели семян сортообразцов тыквы выполнены на приборе РПК-30.

Математическая обработка была выполнена в программном обеспечении Statistica.

**Результаты исследований.** Для правильного подбора сортов и сортообразцов тыквы и совершенствования механизированных технологий возделывания, в том числе для выделения семян из плодов тыквы, первичной обработки семян после уборки и т.д., необходимо знать их физико-механические свойства, которые позволяют сделать правильный выбор сельскохозяйственных машин. К комплексу физико-механических свойств семян

относят размерную характеристику, лужистость, форму, коэффициенты трения, покоя и движения, аэродинамические свойства и т.д. [8].

Геометрическая форма и размерная характеристика (табл.1) определяют тип хранилища, размеры рабочих органов технологических машин, способ хранения и переработки семян [3, 5, 7, 8].

Таблица 1. Размерная характеристика семян сортообразцов разных видов тыквы  
 Table 1. Dimensional characteristics of seeds of variety samples different types of pumpkin

Вид, сортообразец	Размер семени, см		Индекс формы семени	Наличие рубчика на семени
	длина	ширина		
Мозолеевская 49 (ст.)	1,8	1,1	1,64	нет
Пивденная	1,5	1,0	1,50	нет
Spaghetti	1,5	0,8	1,87	нет
№ 4480	1,6	1,1	1,45	нет
Пастила шампань	1,3	0,6	2,16	нет
Амбар	1,8	1,0	1,80	есть
Marine Di Chioggia	2,1	1,5	1,40	есть
№ 119-С	2,0	1,3	1,54	нет
Butternut	1,3	0,7	1,86	есть
№ 19-Пгв	1,4	0,8	1,75	есть
Мускат Прованса	1,7	1,0	1,70	есть
Красавица	2,3	1,4	1,64	есть
Витаминная	1,7	1,2	1,42	есть
№ 13-М	1,6	1,1	1,45	есть
№ 26-Мч	0,8	0,5	1,60	есть
№ 28-Иг	0,6	0,4	1,50	есть

Изучаемые семена сортообразцов и сортов тыквы большинства разновидностей покрыты плотной жесткой оболочкой, кроме сорта Пивденная, которая является голосемянной. В связи с чем этот сорт хорош для получения семян для питания, переработки, но сложен для сохранения семенных качеств в период хранения. Также при первичной обработке семян после уборки надо соблюдать мягкий режим сушки [1, 5, 9]. По форме семена тыквы овальные, овально-яйцевидные, так как индекс формы семян от 1,42 (с. Витаминная) до 2,16 (Пастила шампань). Средняя длина семян тыквы колеблется в пределах 6 – 23 мм, ширина 4 – 14, толщина 3 – 4 мм. Самые крупные семена у с. Красавица, Marine Di Chioggia и сортообразца № 19-Пгв. Семена плоские, с вытянутым носиком и округло-выпуклым бортиком. Поверхность семян матовая, слегка шероховатая и покрыта тонкой, прозрачной гляцевидной пленкой, которая снимается при сушке и очистке семян.

Из таблицы 1 видно, что семена имеют рубчик, но он представлен не у всех сортообразцов и сортов. Семенной рубчик – это след прикрепления семяпочки к семяножке [10]. Нет рубчика у сортов твердокорой тыквы Мозолеевская 49, Пивденная, Spaghetti, сортообразцов фиголистной тыквы № 4480 и крупноплодной № 119-С, а также сорта Пастила шампань. В этом случае при высевае семена более гладкие и не имеют лишней шероховатости, лучше будут высеваться и в них не будет накапливаться инфекционное начало. У остальных сортов и сортообразцов рубчик имеется. Наличие рубчика служит сортовым признаком.

Важным показателем является трение семян, которое зависит от многих факторов: скорости перемещения, поверхности семян, размера и т.д. (Абезин В.Г., 1993). Из рисунка 1 видно, что коэффициенты трения покоя семян тыквы выше по поверхности резины,

показатели коэффициента внутреннего трения (рад) составляют от 0,74 (с/о № 4480) до 0,51 (с/о № 28-Иг). Угол естественного откоса также выше по поверхности резины: от 0,69 (с/о № 4480) до 0,46 (с/о № 28-Иг). Коэффициенты трения покоя семян тыквы меньше всего по алюминию шлифованному, независимо от сорта: коэффициент внутреннего трения (рад) от 0,48 (с. Marine Di Chioggia и Пивденная) до 0,41 (с/о № 28-Иг) и угол естественного откоса (рад) от 0,46 (с. Marine Di Chioggia и Пивденная) до 0,38 (с/о № 28-Иг).

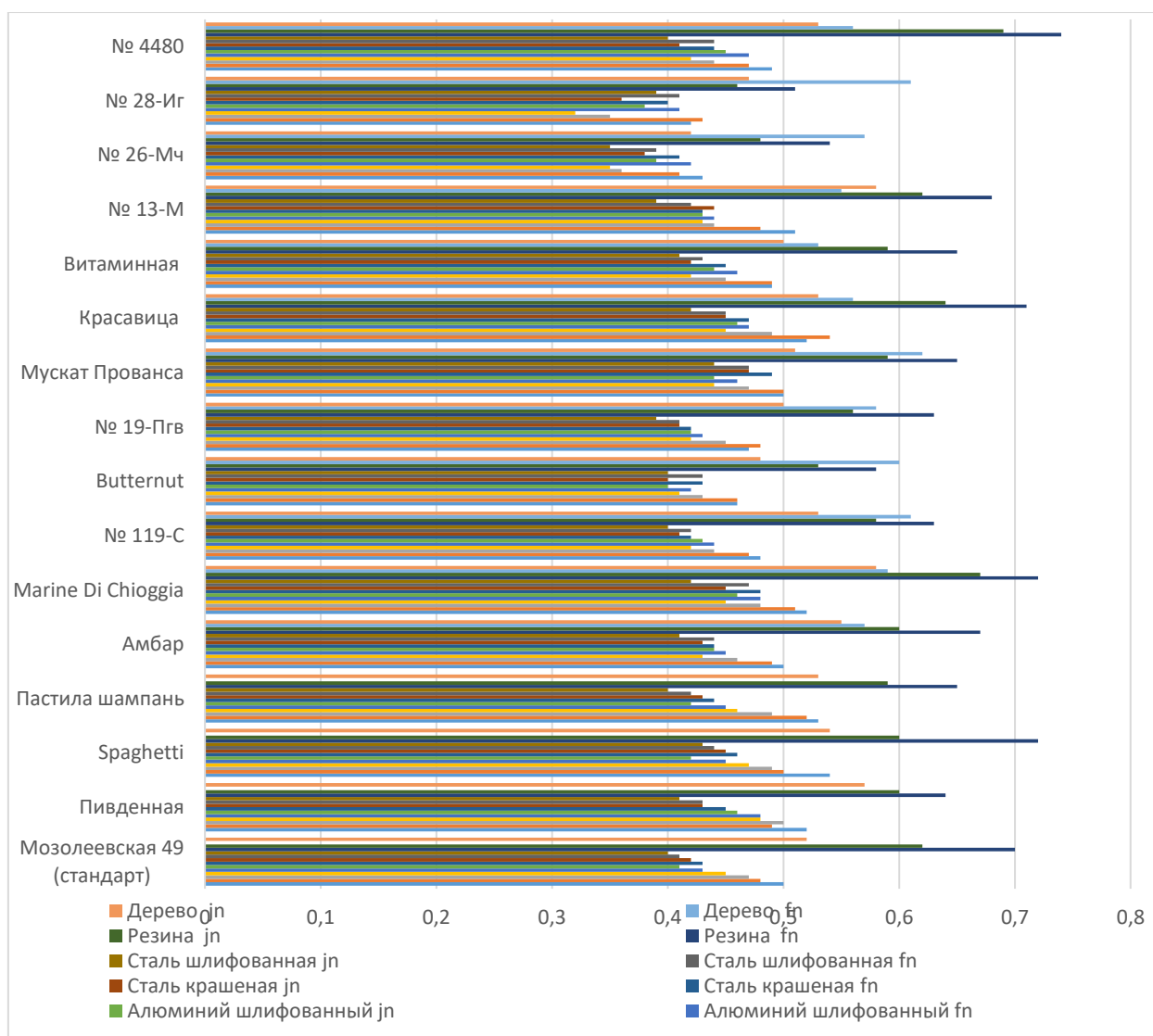


Рисунок 1. Коэффициенты трения покоя семян сортообразцов тыквы по различным поверхностям трения, где  $f_n$  – коэффициент внутреннего трения (рад);  $\varphi_n$  – угол естественного откоса (рад)

Figure 1. Coefficients of dormant friction of seeds of pumpkin varieties on different friction surfaces, where  $f_n$  - is the coefficient of internal friction (rad);  $\varphi_n$  – angle of repose (rad)

Коэффициенты трения покоя ( $f_n$ ) выше показателей коэффициентов трения движения ( $f_d$ ) примерно на 15 – 18% (рис.2). Тенденция показателей по поверхностям одинаковая, выше показатели в более шероховатых поверхностях и меньше показатели на более гладких поверхностях. Показатели снижаются от резины → дерево → алюминия обработанного (литье) → алюминия крашеного → алюминия шлифованного и стали крашеной → стали

шлифованной. Так, коэффициент внутреннего трения (рад) самый высокий по резине у сорта Marine Di Chioggia – 0,62, угол естественного откоса (рад) – 0,59. Самые низкие показатели по стали шлифованной у сортообразца № 26-Мч – 0,29, угол естественного откоса – 0,27. Разброс показателей в 2,1 раза.

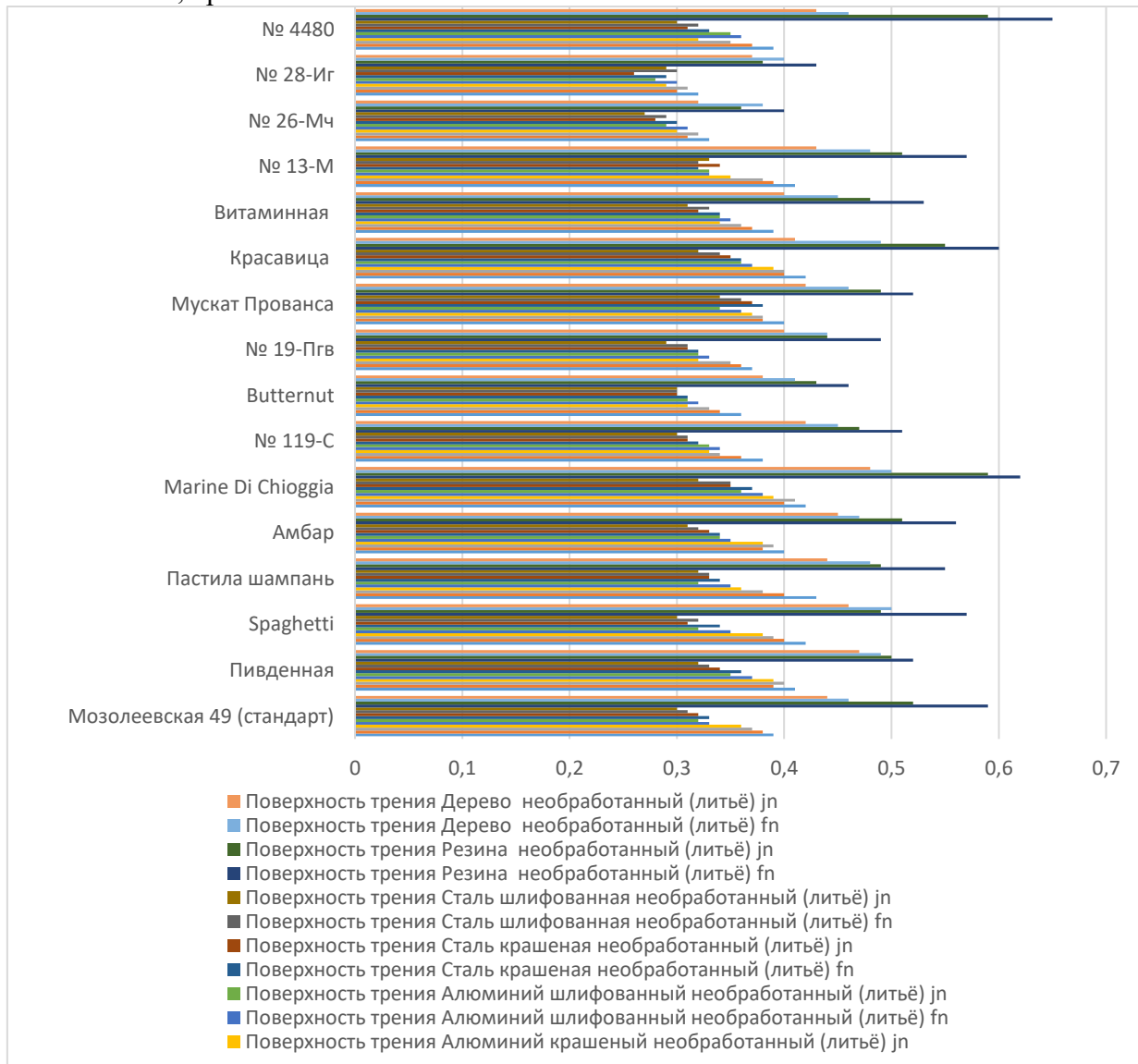


Рисунок 2. Коэффициенты трения движения семян сортообразцов тыквы по различным поверхностям трения, где  $f_d$  – коэффициент внутреннего трения (рад);  $f_d$  – угол естественного откоса (рад)

Figure 2. Coefficients of friction for the movement of seeds of pumpkin varieties along various friction surfaces, where  $f_d$  is the coefficient of internal friction (rad);  $d$  - angle of repose (rad)

Для эффективного проведения послеуборочной обработки семян тыквы для семенных и продовольственных целей, повышения качества семян, уменьшения потерь необходимо знать аэродинамические свойства семян. Аэродинамические свойства зависят от критической скорости (скорости витания), коэффициента сопротивления воздушному потоку и коэффициенту витания. Коэффициент сопротивления зависит от формы частицы, влажности и скорости воздушного потока.

Таблица 2. Аэродинамические показатели семян сортообразцов тыквы  
 Table 1. Aerodynamic parameters of seeds of pumpkin varieties

Вид, сортообразец	Коэффициент сопротивления	Коэффициент парусности	Средняя скорость витания (воздушного потока), м/с	Коэффициент восстановления	Деления шкалы ротометра	
					мини-мальное	макси-мальное
<b>Твердокорая:</b> Мозолеевская 49 (стандарт)	0,42	0,24	7,0±1,3	0,39	40	67
Пивденная	0,40	0,17	6,9±1,7	0,71	34	71
Spaghetti	0,39	0,19	7,3±1,2	0,43	45	69
<b>Крупноплодная:</b> Пастила шампань	0,43	0,21	6,5±0,6	0,40	42	56
Амбар	0,49	0,27	7,0±0,9	0,64	44	63
Marine Di Chioggia	0,44	0,28	6,4±1,2	0,68	35	60
№ 119-С	0,50	0,30	6,9±1,3	0,73	36	66
<b>Мускатная:</b> Butternut	0,35	0,19	7,0±0,8	0,36	43	63
№ 19-Пгв	0,38	0,21	5,2±1,6	0,41	18	52
Мускат Прованса	0,40	0,23	6,6±1,2	0,33	37	62
Красавица	0,43	0,26	5,1±1,4	0,52	20	48
Витаминная	0,39	0,20	6,8±1,0	0,39	42	62
№ 13-М	0,36	0,18	6,6±1,2	0,40	36	62
№ 26-Мч	0,31	0,15	5,0±1,2	0,58	20	45
№ 28-Иг	0,33	0,16	4,9±1,1	0,54	20	44
<b>Фиголистная:</b> № 4480	0,46	0,23	5,2±1,6	0,43	17	51

По данным исследования, представленным в таблице 2, коэффициент сопротивления сортов и сортообразцов находится в пределах 0,31 – 0,50. Самый низкий коэффициент (0,31) – у сортообразца № 26-Мч, самый высокий (0,50) – № 119-С. Коэффициент парусности варьирует от 0,15 (№ 26-Мч) до 0,30 (№ 119-С). Два показателя связаны между собой и зависят от размеров, формы и массы семени. Семена сортообразца № 26-Мч крупные и плоские, поэтому коэффициент сопротивления довольно высокий. Несмотря на это, скорость витания у всех сортов и сортообразцов в пределах средних значений, и варьирует от 4,9±1,1 до 7,3±1,2 м/с, различия составляют 48%. Поэтому справочные данные по этим сортам в будущем можно использовать для подбора и совершенствования сельскохозяйственных машин для первичной обработки семян.

**Выводы.** Изученные семена сортов и сортообразцов тыквы имеют специфические особенности физико-механических свойств, различие которых составляет 45-48%. Полученные справочные данные по физико-механическим свойствам сортов и сортообразцов можно использовать для совершенствования технологических процессов механизированного возделывания в условиях умеренной зоны.

#### Список источников литературы

1. Основы производства продукции растениеводства: учебник для вузов / И.Н. Гаспарян, В.Г. Сычев, А.В. Мельников, С.А. Горохов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 496 с.: вкладка (12 с.).
2. [Электронный ресурс]. - URL: <https://reestr.gossortrf.ru> ФГБУ «Госсорткомиссия» – Государственный реестр селекционных достижений (дата обращения: 18.01.2022).

3. Дугин П.И., Голубева А.И., Шаталов М.П., Смелик В.А. и др. Планирование, экономика и организация производства на предприятиях АПК (нормативно-справочные материалы) / под ред. М.М. Максимова. – Ярославль, 2004. – 468 с.
4. Цепляев А.Н., Шапров М.Н., Семин Д.В., Седов А.В. Определение некоторых механико-технологических свойств плодов тыквы // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: II Российская научно-практическая конференция. – Ставрополь, 2003. – С. 549-551.
5. Бердышев В.Е., Ерошенко Л.И., Новиков М.А., Ружьев В.А., Смелик В.А., Теплинский И.З. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах: учебное пособие (2-ое издание). – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2018. – 208 с.
6. Китов А.Ю. Оптимизация параметров выделителя семян из плодов бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. - № 1. – С. 125-128.
7. Цепляев А.Н. Уборка плодов бахчевых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №2 (22). – С. 110.
8. Шапров М.Н. Технология комплексной переработки плодов тыквы // Проблемы АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2003. – С.93-95.
9. Кубеев Е.И., Смелик В.А. Технологии и технические средства по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур: монография. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2011. – 210 с.
10. Пивоваров В.Ф., Мещерякова Р.А., Сурихина Т.Н., Разин О.А., Тареева А.А. Мировая экономика и овощеводство России в условиях пандемии COVID-19 (Итоги 2020 года и перспективы восстановления) // Овощи России. – 2021. – № 3. – С. 5-14.

#### References

1. Gasparyan, I.N., Sychev, V.G., Melnikov, A.V. and Gorokhov, S.A. (2021), *Osnovy proizvodstva produkcii rastenievodstva* [Fundamentals of crop production], Lan, St. Petersburg, 496 p.
2. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij FGBU «Gosortkomissiya» (2014), available at: URL <https://reestr.gosortrf.ru> (Accessed 18.01.2022).
3. Dugin, P.I., Golubeva, A.I., Shatalov, M.P., Smelik, V.A. and others (2004), *Planirovanie, ekonomika i organizaciya proizvodstva na predpriyatiyah APK (normativno-spravochnye materialy)* [Planning, economics and organization of production at agricultural enterprises], in Maksimov, M.M. (ed.), Yaroslavl, 468 p.
4. Tseplyaev, A.N. (2011), “Harvesting melons and gourds”, *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*. no. 2 (22), 110 p.
5. Berdyshev, V.E., Eroshenko, L.I., Novikov, M.A., Rushev, V.A., Smelik, V.A. and Teplinsky, I.Z. (2018), *El'skohozyajstvennye mashiny. Tekhnologicheskie raschety v primerah i zadachah: uchebnoe posobie (2-oe izdanie)* [Agricultural machines. Technological calculations in examples and tasks: textbook], Prospect Nauki, St. Petersburg 208 p.
6. Kitov, A.Yu. (2015), “Optimization of the parameters of the extractor of seeds from the fruits of melons” *Izvestiya of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education*, no. 1., pp. 125-128.
7. Tseplyaev A.N., Shaprov M.N., Semin D.V. and Sedov A.V. (2003), “Determination of some mechanical and technological properties of pumpkin fruits”, *II Russian scientific and practical conference "Physical and technical problems of creating new technologies in the agro-industrial complex"*. - Stavropol, pp. 549-551.
8. Shaprov, M.N. (2003), “Technology of complex processing of pumpkin fruits” *Problems of the agro-industrial complex: mater. intl. scientific-practical. conf. Volgograd: VGSHA Publishing House*, pp. 93-95.
9. Kubeev, E.I. and Smelik, V.A. (2011), *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva po predposevnoj obrabotke semyan sel'skohozyajstvennyh kul'tur: monografiya* [Technologies and technical means for pre-sowing treatment of seeds of agricultural crops] (monograph) SPbGAU, St. Petersburg 210 p.

10. Pivovarov, V.F., Meshcheryakova, R.A., Surikhina, T.N., Razin, O.A. and Tareeva, A.A. (2021), "World economy and vegetable growing in Russia in the context of the COVID-19 pandemic (Results of 2020 and prospects for recovery)" *Vegetables of Russia*, no. 3, pp. 5-14.

#### Сведения об авторах

**Гончаров Андрей Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный заочный университет, spin-код: 7996-1585.

**Левшин Александр Григорьевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, spin-код: 1428-5710; Scopus ID 57209271454; Researcher ID AAC-5222-2021.

**Гаспарян Ирина Николаевна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, spin-код: 3354-1594; Scopus ID 57209269061; Researcher ID AAA-8346-2020.

#### Information about the authors

**Goncharov Alexander Grigorievich** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian Correspondence University, spin-code: 7996-1585.

**Levshin Alexander Grigorievich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, spin-code: 1428-5710; Scopus ID 57209271454; Researcher ID AAC-5222-2021.

**Gasparyan Irina Nikolayevna** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, spin-code: 3354-1594; Scopus ID 57209269061; Researcher ID AAA-8346-2020.

**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 the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of the current article have read and approved the submitted final version.

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

*Статья поступила в редакцию 25.02.2022 г.; одобрена после рецензирования 15.03.2022 г.; принята к публикации 22.03.2022 г.*

*The article was submitted 25.02.2022; approved after reviewing 15.03.2022; accepted after publication 22.03.2022.*



## 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](mailto: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 № 1 (66)

Подписано к печати 31.03.2022 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 24,5 Тираж 1000. Заказ .  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2