

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№1 (54)**



**IZVESTIYA  
SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY**

**2019**

# ИЗВЕСТИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№1 (54)



# IZVESTIYA

SAINT-PETERSBURG STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY

2019

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Ежеквартальный научный журнал  
№1 (54)

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(54)

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 (54)

Главный редактор  
Доктор экономических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО СПбГАУ  
**Жгулев Евгений Викторович**

Заместители главного редактора:  
Доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе  
**Смелик Виктор Александрович**  
Доктор экономических наук, профессор, проректор по качеству образования  
и информатизации  
**Федорков Александр Иванович**

Выпускающий редактор  
**Баранова Марина Дмитриевна**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Алдошин Н.В.**, доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

**Анисимов А.И.**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Атрощенко Г.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Болгов А.Е.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство», ФГБОУ ВО ПетрГУ (06.02.07 Разведение, селекция генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Ганусевич Ф.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Растениеводства им. И.А. Стебута» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки));

**Дидманидзе О.Н.**, член-корреспондент РАН, 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 (технические науки));

**Долженко В.И.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ ВИЗР (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Долженко Т.В.**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Защита и карантин растений» (06.01.07 Защита растений (сельскохозяйственные науки));

**Донских Н.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Епифанов А.П.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика и электрооборудование» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Иванов А.И.**, член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ АФИ (06.01.01 Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки), 06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

**Карпов В.Н.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии» (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Карынбаев А.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биология», Таразский Государственный Университет им. М.Х. Дулати (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Кулинцев В.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, директор, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Лаврищев А.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой «Почвоведение и агрохимия» (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки));

**Лаптев Г.Ю.**, доктор биологических наук, директор, ООО «Биотроф» (06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Митюков А.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ИНОЗ РАН (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Найда Н.М.**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и луговое хозяйство» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки));

**Новиков М.А.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)), 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки));

**Осипова Г.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Плодоовощеводство и декоративное садоводство» (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Осипова О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, декан факультета «Зооинженерия и биотехнологии» (06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки));

**Попов В.Д.**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Рогозина Е.В.**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля, ВИР (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки));

**Ружьев В.А.**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета «Технические системы, сервис и энергетика» (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Смелик В.А.**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки));

**Сорокопудов В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. центром генетики, селекции и интродукции садовых культур, ФГБНУ ВСТИСП (06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки), 06.01.08 Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные науки), 06.01.09 Овощеводство (сельскохозяйственные науки));

**Спиридонов А.М.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета «Плодоовощеводство и перерабатывающие технологии» (06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки), 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки));

**Станишевская О.И.**, доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, ВНИИГРЖ – филиал ФГБНУ «ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Академика Л.Н. Эрнста» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Шульга Л.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Генетика, разведение и биотехнологии животных» (06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки));

**Юдаев И.В.**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки));

**Якушев В.П.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель отдела моделирования адаптивных агротехнологий, ФГБНУ АФИ (06.01.03 Агрофизика (сельскохозяйственные науки), 06.01.04 Агрохимия (сельскохозяйственные науки)).

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

QUARTERLY SCIENTIFIC JOURNAL  
№1 (54)

Editor-in-Chief

Doctor of Economics, Rector of FSBEI HE SPbSAU

**Zhgulev Evgeny Viktorovich**

Deputies Editor-in-Chief

Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Science

**Smelik Viktor Aleksandrovich**

Doctor of Economics, Vice-Rector for the Quality of Education and Informatization

**Fedorkov Aleksandr Ivanovich**

Executive Journal Editor

**Baranova Marina Dmitrievna**

**EDITORIAL BOARD**

**Aldoshin N.V.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Agricultural Machines" at FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Anisimov A.I.**, Doctor of Biology, Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Atroshchenko G.P.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (01.06.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 01.06.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

**Bolgov A.E.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management", FSBI VO PetrGU (06.02.07 Breeding, selection genetics of farm animals (Agricultural Sciences));

**Ganusevich F.F.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of "Plant Growing Department of I.A. Stebut" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences));

**Didmanidze O.N.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Automobile Transport", FGBOU VO RSAU-Moscow Agricultural Academy of K.A. Timiryazev (05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Dolzhenko V.I.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Deputy Director for Scientific Work, FGBNU VIZR (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Dolzhenko T.V.**, Doctor of Biology, Associate Professor of the Department of "Plant Protection and Quarantine" (01.06.07 Plant Protection (Agricultural Sciences));

**Donskikh N.A.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Epifanov A.P.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Electricity and Electrical Equipment" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Ivanov A.I.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agriculture, Professor, Chief Researcher, FGBNU APhI (06.01.01 General farming, plant growing (Agricultural Sciences), 06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

**Karpov V.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Power Supply of Enterprises and Electrical Technologies" (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Karynbaev A.K.**, Doctor of Agriculture, Professor of Department of "Biology", Taraz State University of M. X. Dulati (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences), 06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Kulintsev V.V.**, Doctor of Agriculture, Director, FGBNU North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Lavrishchev A.V.**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Head of the Department of "Soil Science and Agrochemistry" (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences), 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences));

**Laptev G.Yu.**, Doctor of Biology, Director of "Biotrof" LLC (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Mityukov A.S.**, Doctor of Agriculture, Leading Scientific Researcher, INOZ RAN (06.02.10 Private animal husbandry, technology of production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Naida N.M.**, Doctor of Biology, Professor of the Department of "Farming and Grassland" (06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences));

**Novikov M.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technical Systems in Agribusiness" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences)), 05.20.03 Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences));

**Osipova G.S.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department of "Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Horticulture" (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences), 06.01.09 Vegetable farming (Agricultural Sciences));

**Osipova O.V.**, Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Animal Science and Biotechnology" (06.02.10 Private animal husbandry, technology for the production of livestock products (Agricultural Sciences));

**Popov V.D.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, IAEP- Branch of FGNU FNAC VIM (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Rogozina, E.V.**, Doctor of Biology, Leading Scientific Researcher of Potato Genetic Resources Department, VIR (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences));

**Ruzhyev V.A.**, Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Technical Systems, Service and Energetics" (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Smelik V.A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice- Rector for Science» (05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences));

**Sorokopudov V.N.**, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Center for Genetics, Breeding and Introduction of Horticultural Plants, FGBNU VSTISP (06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants (Agricultural Sciences), 06.01.08 Horticulture, viticulture (Agricultural Sciences));

**Spiridonov A.M.**, Doctor of Agriculture, Associate Professor, Dean of the Faculty of "Horticulture and Processing Technologies" 06.01.06 Grassland farming and medicinal oil-bearing crops (Agricultural Sciences), (06.02.08 Forage production, feeding of farm animals and forage technology (Agricultural Sciences));

**Stanishevskaya O.I.**, Doctor of Biology, Head of the Department of Genetics, Breeding and Preservation of genetic resources of agricultural birds VNIIGRZh – Branch of FGBNU "FNC animal breeding – VIZh of Academician L.N. Ernst" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

**Shulga L.P.**, Doctor of Agriculture, Professor of the Department "Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals" (06.02.07 Breeding, selection and genetics of agricultural animals (Agricultural Sciences));

**Yudaev I.V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research of the Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of FGBOU VO Don GAU (05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (Technical Sciences));

**Yakushev V.P.**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agronomy, Professor, Head of the Department of Adaptive Agrotechnology Modeling, FGBNU AphI (06.01.03 Agrophysics (Agricultural Sciences); 06.01.04 Agrochemistry (Agricultural Sciences)).

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: АГРОНОМИЯ

<b>Атрощенко Г.П., Голод Т.А.</b> Оценка сортов смородины красной для селекции и практики на Северо-Западе РФ.....	11
<b>Щербакова Г.В., Кравцова Е.С.</b> Выращивание саженцев малины ремонтантного типа.....	16
<b>Безух Е.П., Логинова С.Ф., Потрахов Н.Н.</b> Использование микрофокусной рентгенографии для оценки качества семян ягодных культур в их селекции.....	20
<b>Горбачева Н.Н.</b> Качество саженцев груши в условиях Северо-Запада РФ.....	26
<b>Данилова Т.А., Спиридонов А.М., Архипов М.В.</b> Генетические ресурсы растений как фактор управления качеством продукции.....	31
<b>Ганусевич Ф.Ф., Стружкова Е.А.</b> Соотношение потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности посевов.....	39
<b>Осипов А.И., Шкрабак Е.С.</b> Роль некорневого питания в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур.....	44
<b>Косульников Ю.В.</b> Изучение токсичности ряда протравителей зернобобовых культур для клубеньковых бактерий сои и люпина.....	52
<b>Колесников Л.Е., Белимов А.А., Донес П.М.</b> Биологическая эффективность штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах мягкой пшеницы.....	57
<b>Шайдаюк Е.Л., Юсов В.С., Гулятьева Е.И.</b> Популяционные исследования возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице в Омской области.....	64
<b>Сергеева О.В., Разуваева К.П.</b> Методы выделения и идентификации почвенных нематод семейства <i>Longidoridae</i> в условиях карантинных лабораторий.....	69
<b>Комаров А.А., Суханов П.А., Комаров А.А.</b> Результаты производственных испытаний действия гуминовых удобрений на урожайность картофеля.....	74
<b>Баланов П.Е., Смотряева И.В., Алексеева М.С.</b> Российская сырьевая база для производства светлого и темного пшеничного кваса.....	80

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ: ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Горелик О.В., Харлап С.Ю.</b> Молочная продуктивность коров в зависимости от условий содержания.....	86
<b>Болгов А.Е., Комлык И.П., Гришина Н.В.</b> Вариабельность и взаимосвязь пищевых и индикаторных показателей молока коров айрширской породы.....	92
<b>Турлюн В.И.</b> Внедрение экспресс-методов определения кетоза у коров в технологический процесс производства молока.....	97
<b>Суховольский О.К.</b> Значение биотехнологии в современном животноводстве.....	102



<b>Дубровин А.В., Ильина Л.А., Новикова О.Б.</b> Влияние кормовой добавки на основе эфирных масел на яичную продуктивность и иммунный ответ кур-несушек при заражении эпизоотическим штаммом <i>Salmonella enteritidis</i> .....	107
--	-----

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**

<b>Беззубцева М.М., Волков В.С.</b> К вопросу моделирования процесса перемешивания суспензий в электромеханических диспергаторах.....	112
<b>Усманов И.И.</b> Уточненный расчет минимального давления пищевого материала в зоне резания волчков.....	118
<b>Перекопский А.Н.</b> Исследование процесса сушки семян на карусельной сушилке.....	123
<b>Шамонин В.И., Сергеев А.В.</b> Влияние глубины рыхления и агросроков междурядной обработки овощных культур и картофеля на динамику изменения водно-воздушного режима почвы в гребне.....	128
<b>Второй В.Ф., Второй С.В., Ильин Р.М.</b> Исследования температурно-влажностного режима коровника в зимне-весенний период.....	134
<b>Трифанов А.В., Калюга В.В., Базыкин В.И.</b> Теоретические предпосылки анализа работы самотечной системы удаления навоза периодического действия.....	140
<b>Миронова Т.Ю.</b> Определение количества навозосодержащих стоков доильных залов и площади теплицы для их утилизации.....	147
<b>Файзуллин М.И.</b> Экспериментальная часть исследования процесса закрытого компостирования подстилочного навоза методом искусственной аэрации.....	152
<b>Гулин С.В., Пиркин А.Г.</b> Особенности бизнес-инжиниринга при создании электротехнологических систем.....	157
<b>Казарин В.Е.</b> Анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры осветительных установок.....	163
<b>Ракутько С.А., Ракутько Е.Н.</b> Влияние спектрального состава излучения на энергоэкологичность светокультуры.....	168
<b>Таталев П.Н., Матюшева Н.В.</b> Устройство и оборудование для мойки длинногабаритных транспортных средств.....	174
<b>Аннотации</b> .....	180

### **AGRICULTURAL SCIENCE: AGRONOMY**

<b>Atroshchenko G.P., Golod T.A.</b> Assessment of red currant varieties for selection and practice in the Northwest of the Russian Federation.....	11
<b>Shcherbakova G.V., Kravtsova E.S.</b> Cultivation of the remontant type raspberry seedlings.....	16

<b>Bezukh E.P., Loginova S.F., Potrakhov N.N.</b> The using of microfocus radiography to assess the quality of berry crops seeds in their selection.....	20
<b>Gorbacheva N.N.</b> Quality of pear seedlings under the Northwestern conditions of Russia.....	26
<b>Danilova T.A., Spiridonov A.M., Arkhipov M.V.</b> Plant genetic resources as a factor of product quality control.....	31
<b>Ganusevich F.F., Struzhkova E.A.</b> Ratio of potential and climatically provided crop productivity.....	39
<b>Osipov A.I., Shkrabak E.S.</b> Role of foliar nutriment in increasing of agricultural crops productivity.....	44
<b>Kosulnikov Yu.V.</b> The study of the toxicity of several legume and grain disinfectants for nodule bacteria of soya and lupine.....	52
<b>Kolesnikov L.E., Belimov A.A., Dones P.M.</b> The biological effectiveness of the associative rhizobacteria strains on soft wheat.....	57
<b>Shaydayuk E.L., Yusov V.S., Gulyaeva E.I.</b> Population studies of the leaf rust on durum wheat in Omsk region.....	64
<b>Sergeeva O.V., Razuvaeva K.P.</b> Methods of isolation and identification of soil nematodes of the <i>Longidoridae</i> family in the conditions of quarantine laboratories.....	69
<b>Komarov A.A., Sukhanov P.A., Komarov A.A.</b> Results of industrial tests of huminous fertilizers effect on the potato yield.....	74
<b>Balanov P.E., Smotraeva I.V., Alekseeva M.S.</b> Russian raw materials base for light and dark wheat kvass production.....	80

#### **AGRICULTURAL SCIENCES: VETERINARY MEDICINE & ANIMAL SCIENCE**

<b>Gorelik O.V., Kharlap S.Yu.</b> The milk yield of cows depending on the conditions of maintenance.....	86
<b>Bolgov A.E., Komlyk I.P., Grishina N.V.</b> Variability and interrelation of nutritional and indicative indexes of ayrshire cows' milk.....	92
<b>Turlyun V.I.</b> Implementing of express- methods for determining cows ketosis into the milk technology process.....	97
<b>Sukhovolsky O.K.</b> Importance of biotechnology in modern animal husbandry.....	102
<b>Dubrovin A.V., Ilina L.A., Novikova O.B.</b> Influence of essential oils based feed additive on the egg productivity and immune response of laying hens while infection of <i>Salmonella enteritidis</i> epizootic strains.....	107

#### **ENGINEERING SCIENCE: PROCESSES AND MACHINES OF AGRO ENGINEERING SYSTEMS**

<b>Bezzubtseva M.M., Volkov V.S.</b> To the question of modeling the process of suspensions mixing in electromechanical dispersants.....	112
--	-----

<b>Usmanov I.I.</b> The specified calculation of minimum pressure of food material in zone of tops cutting.....	118
<b>Perekopsky A.N.</b> Research of seed drying process in carrusel dryer.....	123
<b>Shamonin V.I., Sergeev A.V.</b> Influence of loosening depth and agrotiming of the intertillage treatment of vegetable crops and potatoes on dynamics changes in water -air regime of soil in ridge.....	128
<b>Vtory V.F., Vtory S.V., Ilyin R.M.</b> Research of the temperature and moisture conditions in the dairy byre during winter and spring period.....	134
<b>Trifanov A.V., Kalyuga V.V., Bazykin V.I.</b> Theoretical preconditions of the work analysis of the self-flowing system of periodic action for manure removing.....	140
<b>Mironova T.Yu.</b> Determination of the quantity of the manure-containing drains of milking parlors and area of the greenhouse for their utilization.....	147
<b>Fayzullin M.I.</b> Experimental part of the research process of closed composting of the bedding manure by the method of artificial aeration.....	152
<b>Gulin S.V., Pirkin A.G.</b> Features of business engineering in electrotechnological systems creating.....	157
<b>Kazarin V.E.</b> Analysis of the effect of the stock coefficient on the quantitative parameters of lighting equipment.....	163
<b>Rakutko S.A., Rakutko E.N.</b> Impact of spectral radiation composition on energy environmental light culture.....	168
<b>Tatalev P.N., Matyusheva N.V.</b> Machine and equipment for long-sized vehicles washing.....	174
<b>Annotations</b> .....	180

УДК 634.725:631.526

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11011

Доктор с.-х. наук **Г.П. АТРОЩЕНКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, atoschenko-G.P@mail.ru)Аспирант **Т.А. ГОЛОД**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, t.suloeva@mail.ru)

## ОЦЕНКА СОРТОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРАКТИКИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

Красная смородина – ягодная культура, перспективная для возделывания в северных районах умеренного пояса, в частности, Северо-Западного региона РФ. Однако на сегодняшний день, к сожалению, эта культура не получила широкого распространения.

Красная смородина менее распространена, чем черная, так как уступает последней по качеству плодов и содержанию в них витаминов. Однако благоприятное сочетание органических и минеральных веществ обуславливают ее лечебное и пищевое значение.

По сравнению с черной смородиной она более продуктивна. Ценными свойствами являются ее скороплодность и долговечность: при благоприятных условиях растения вступают в плодоношение на третий год после посадки и плодоносят в течение 20 лет [1].

По ботанической классификации красную смородину относят к семейству Камнеломковые – Saxifragaceae L., роду Ribes, подроду Ribesia (Berl.) Jance, включающему 19 видов. Родона начальниками большинства культивируемых сортов послужили 4 вида: *R. vulgare* Lam – Смородина обыкновенная, *R. petraeum* Wulf. – Смородина скальная, *R. rubrum* L. – Смородина красная, *R. multiflorum* Kitt. – Смородина многоцветковая. Почти все современные сорта красной смородины являются сложными межвидовыми гибридами, несущими в своих генотипах признаки этих исходных видов [2].

Многие современные сорта красной смородины достаточно зимостойки, устойчивы к засухе и засолению почв. Красная смородина вообще довольно неприхотлива: ее можно выращивать на разных по плодородию почвах. Она не выносит лишь сырых, заболоченных и сильно затененных мест [3].

В настоящее время культура красной смородины широко распространена по всем странам Северного полушария. Наибольшего развития культура красной смородины получила в Северной Америке, а также в Чехии, Англии, Франции, Германии, Голландии и Бельгии. В нашей стране красная смородина не получила промышленного значения, она в основном выращивается в любительском садоводстве. Не последнюю роль в этом играет несовершенство сортимента в конкретных почвенно-климатических условиях.

**Цель исследования** – хозяйственно-биологическая оценка сортов красной смородины и выделение лучших генотипов для селекции и практического использования в садоводстве Северо-Запада РФ.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проводили в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ) и на Научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР в 2015-2018 гг. Размещение сортообразцов красной смородины на обоих участках рендомизированное, повторность 3-кратная. Схема размещения растений – 3 x 1 м. В качестве контроля использовали районированный сорт Йонкер ван Тетс.

Учеты и наблюдения проводили согласно методике «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [4].

Объектами исследований являлись 26 сортов красной смородины различного генетического и эколого-географического происхождения, которые условно можно разделить на 4 группы:

1) сорта селекции Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (ВНИИСПК, г. Орел): Асора, Ася, Баяна, Валентиновка, Вика, Дана, Мармеладница, Нива, Осиповская, Роза, Устина;

2) сорта селекции НИИ Пловодства р. Беларусь: Белорусская розовая и Коралловая;

3) районированные и перспективные сорта отечественной селекции: Ранняя сладкая, Смольяниновская, Красная Андрейченко, Натали, Ненаглядная;

4) районированные и перспективные сорта зарубежной селекции: Йонкер ван Тетс, Голландская розовая, Голландская красная, Маргаритар, Татран, Детван, Ролан, Ютербогская.

**Результаты исследования.** По результатам трехлетних наблюдений было установлено, что в Ленинградской области средние сроки наступления основных фенологических фаз растений красной смородины колеблются в зависимости от сорта и климатических условий в следующих пределах:

- начало вегетации – вторая–третья декада апреля;
- начало роста побегов – третья декада апреля–первая декада мая;
- начало цветения – первая–вторая декада мая;
- массовое цветение – вторая декада мая;
- окончание цветения – третья декада мая;
- начало созревания ягод – третья декада июня–третья декада июля;
- полное созревание ягод – первая декада июля–первая декада августа;
- конец роста побегов – третья декада августа–первая декада сентября;
- начало листопада – вторая декада августа–первая декада сентября.

Результаты фенологических наблюдений показали, что все изучаемые сорта соответствуют сезонным ритмам, формируют урожай ягодной продукции и укладываются в период вегетации Ленинградской области.

Зимостойкость является важным хозяйственно-биологическим признаком, определяющим не только устойчивость растений к повреждающим факторам зимнего периода, но и производственную ценность сорта.

Красная смородина относится к числу достаточно зимостойких ягодных культур, но на Северо-Западе РФ эта проблема не теряет своей актуальности. С введением в культуру новых сортов в определенных почвенно-климатических условиях важно определить особенности их перезимовки.

Зимние периоды за годы исследований (2015-2018 гг.) характеризовались различными контрастными условиями. Зимний период 2015-2016 г. не оказал существенного влияния на перезимовку растений красной смородины. Несмотря на отсутствие снежного покрова в декабре – первой декаде января, а затем последовавших низких минусовых температур, растения перезимовали без повреждений. Проведенный весной 2016 г. учет подмерзания вегетативных и генеративных почек показал, что на большинстве сортов не отмечено подмерзания. Незначительное подмерзание генеративных и вегетативных почек (до 5%) наблюдалось на сортах Валентиновка, Баяна, Мармеладница. К середине вегетации растения этих сортов полностью восстановились и не отличались по росту и развитию от других растений.

Зимний период 2016-2017 г. оказался менее благоприятным для перезимовки растений красной смородины. Из-за сильного переувлажнения летом 2016 г. и вызванной вспышки грибных заболеваний, к осени растения красной смородины оказались ослабленными. При учете в весенний период 2017 г. установлено, что ряд сортов красной смородины пострадали от выпревания. Это имело локальное значение на участке коллекции в СПбГАУ, так как часть участка находилась в пониженном рельефе. На сортах Дана, Устина, Валентиновка, Осиповская, Вика, Белорусская розовая и Ютербогская наблюдалась гибель ветвей у основания корневой шейки.

Зимний период 2017-2018 г. оказался благоприятным для перезимовки растений красной смородины. На изучаемых сортах не было отмечено повреждений растений неблагоприятными факторами зимнего периода.

За три года наблюдений высокую устойчивость к абиотическим факторам (подмерзание, выпревание) проявили сорта: Ася, Нива, Роза, Йонкер ван Тетс, Натали, Коралловая, Ранняя сладкая, Смольяниновская, Красная Андрейченко, Голландская красная, Голландская розовая, Татран, Детван, Ролан и Ненаглядная.

Наиболее вредоносными грибными болезнями красной смородины в Ленинградской области являются листовые пятнистости: антракноз (*Pseudopeziza ribis* Kleb.) и септориоз (*Septoria ribis* Lesm.) [5]. Причем сорта, неустойчивые к одной болезни, чаще неустойчивы и к другой. Американская мучнистая роса (*Sphaerotheca mors-uvae* (Schw) Berk. et Curt), массово поражающая красную смородину в средней полосе, в условиях Северо-Запада поражает эту культуру очень редко, поэтому практического значения не имеет.

По результатам трехлетних наблюдений хорошую устойчивость к листовым пятнистостям показали сорта: Асора, Дана, Осиповская, Детван, Йонкер ван Тетс, Голландская красная, Смольяниновская и Татран. Слабую устойчивость к листовым пятнистостям показали 7 сортов: Баяна, Роза, Устина, Белорусская розовая, Голландская розовая, Ненаглядная, Ранняя сладкая. В особо влажные годы у этих сортов листовые пятнистости вызывают преждевременное опадение листьев.

Важным показателем продуктивности сортов красной смородины является количество цветов в кисти и количество ягод, завязавшихся из них при свободном опылении. При этом процент завязывания ягод при свободном опылении с точки зрения оценки продуктивности представляется очень важным показателем, т. к. характеризует не теоретический потенциал сорта, а реальную его продуктивность в конкретных условиях, способность сорта реализовать свои возможности. Для оценки этих показателей были произведены учеты, результаты которых отражены в табл. 1.

Таблица 1. Процент завязывания ягод при свободном опылении сортов красной смородины (2017 г.)

Сорт	Количество цветов в кисти, шт.	Количество ягод в кисти при свободном опылении, шт.	Процент завязавшихся ягод при свободном опылении
Йонкер ван Тетс (к)	16,43	4,15	25
Асора	17,71	8,18	46
Ася	12,43	5,88	47
Баяна	13,43	7,53	56
Валентиновка	16,40	8,00	49
Вика	14,14	6,20	44
Дана	16,71	7,36	44
Мармеладница	13,00	3,48	27
Нива	8,14	3,73	46
Осиповская	14,14	4,50	32
Устина	17,00	7,07	42
Белорусская розовая	12,86	3,52	27
Коралловая	9,71	4,20	43
Голландская красная	13,29	4,68	35
Голландская розовая	9,29	6,38	69
Детван	19,00	11,75	62
Красная Андрейченко	12,57	2,42	19
Маргаритар	12,29	4,73	38
Натали	13,40	5,17	39
Ненаглядная	12,57	5,00	40
Ранняя сладкая	15,71	5,09	32
Ролан	14,57	7,31	50
Татран	20,86	12,13	58

Установлено, что самое большое количество ягод в кисти наблюдалось у сортов Татран, Детван, Асора и Устина. При этом, несмотря на неблагоприятные условия во время цветения, у сортов Баяна, Голландская розовая, Детван, Татран и Ролан более 50% цветов в кисти сформировали завязи, а впоследствии и ягоды.

В то же время сорта Красная Андрейченко, Йонкер ван Тетс и Мармеладница смогли реализовать лишь четвертую часть своего потенциала, так как произошел отпад 75% цветов. Наибольшее количество ягод в кисти при свободном опылении отмечено у сортов Татран (12,13 шт.) и Детван (11,75 шт.).

Результаты оценки морфологических показателей и механического состава ягод показаны в табл. 2. Самые крупные ягоды были отмечены у сорта Дана (диаметр 10,1 мм, масса 0,70 г), самые мелкие - у сортов Устина, Вика и Ютербогская (диаметр 7,8 – 7,9 мм, масса 0,30 – 0,36 г).

Ценным показателем качества ягод является их одномерность. Для оценки одномерности ягод был вычислен коэффициент вариации по диаметру ягод. Наиболее одномерные ягоды (коэффициент вариации имеет минимальное значение) сформировали сорта Дана, Асора, Валентиновка, Голландская красная. Наименее одномерные ягоды отмечены у сортов Нива, Детван и Баяна.

Таблица 2. Морфометрические показатели и механический состав ягод сортов красной смородины (2017 г.)

Сорт	Диаметр 1 ягоды, мм	Коэффициент вариации показателя диаметра ягоды, %	Количество семян в 1 ягоде, шт.	Масса ягоды, г	Коэффициент корреляции между количеством семян и массой ягоды	Количество семян в 1 грамме ягоды, шт.
Йонкер ван Тетс (к)	9,3±0,17	12,2	6,0±0,68	0,51±0,04	0,88	10,6
Асора	8,6±0,13	9,0	3,9±0,43	0,40±0,03	0,86	10,0
Ася	8,8±0,19	14,2	4,9±0,41	0,42±0,04	0,94	10,8
Баяна	8,4±0,20	15,4	11,3±1,35	0,43±0,03	0,88	22,2
Белорусская розовая	8,4±0,18	13,8	3,5±0,42	0,37±0,03	0,95	8,6
Валентиновка	8,9±0,13	9,8	3,4±0,41	0,49±0,03	0,70	6,8
Вика	7,9±0,13	11,1	5,1±0,56	0,33±0,03	0,53	15,2
Дана	10,1±0,11	7,1	4,3±0,41	0,70±0,05	0,79	5,9
Детван	9,0±0,20	15,7	3,3±0,29	0,63±0,04	0,76	5,3
Голландская красная	8,8±0,13	9,8	5,7±0,43	0,46±0,02	0,77	12,0
Голландская розовая	8,5±0,16	11,9	6,7±0,50	0,42±0,02	0,88	15,2
Красная Виксне	8,9±0,15	11,3	1,9±0,27	0,50±0,04	0,76	3,6
Маргаритар	8,7±0,17	12,9	4,5±0,40	0,38±0,03	0,76	5,9
Мармеладница	8,7±0,18	13,5	3,9±0,55	0,45±0,04	0,90	8,4
Натали	9,0±0,15	11,1	4,4±0,47	0,48±0,03	0,75	12,2
Ненаглядная	8,1±0,14	10,7	4,5±0,62	0,36±0,03	0,90	11,6
Нива	8,9±0,33	19,1	6,9±0,53	0,49±0,03	0,75	13,1
Осиповская	9,0±0,22	13,3	4,3±0,35	0,48±0,02	0,70	9,8
Ранняя сладкая	8,9±0,23	14,6	6,9±0,60	0,49±0,04	0,80	13,6
Роза	8,8±0,14	10,9	5,7±0,47	0,46±0,02	0,64	12,4
Ролан	8,7±0,15	11,2	5,8±0,68	0,51±0,03	0,79	10,6
Сахарная	8,3±0,14	11,9	5,3±0,70	0,39±0,04	0,73	12,9
Татран	9,6±0,17	11,5	3,5±0,41	0,62±0,04	0,80	5,5
Устина	7,8±0,14	11,1	3,2±0,35	0,36±0,03	0,86	8,1
Циральт	8,5±0,13	10,1	2,1±0,32	0,38±0,03	0,83	5,1
Ютербогская	7,9±0,23	12,9	5,1±0,60	0,30±0,03	0,77	16,3

Важным показателем качества ягод красной смородины является количество содержащихся в них семян, т. к. многосемянность снижает качество ягод. Минимальное число семян в пересчете на 1 грамм ягод отмечено у сорта Красная Виксне, максимальное – у сорта Баяна.

Для оценки зависимости количества семян от массы ягоды был вычислен коэффициент корреляции между этими параметрами. Как показывает табл. 2, у всех изученных сортов его значение находится в пределах от 0,5 до 0,95, что говорит о прямой линейной зависимости между этими показателями.

**Выводы.** Таким образом, изучение и сравнение сортов красной смородины по основным хозяйственно-ценным признакам позволило выделить их для использования в селекции и производстве:

- высокоустойчивые к абиотическим факторам (подмерзание, выпревание): Ася, Нива, Роза, Йонкер ван Тетс, Натали, Коралловая, Ранняя сладкая, Смольяниновская, Красная Андрейченко, Голландская красная, Голландская розовая, Татран, Детван, Ролан, Ненаглядная;
- устойчивые к листовым пятнистостям: Асора, Дана, Осиповская, Детван, Йонкер ван Тетс, Голландская красная, Смольяниновская, Татран;
- с хорошей завязываемостью ягод: Баяна, Голландская розовая, Детван, Татран, Ролан;
- крупноплодные: Ася, Валентиновка, Дана, Татран, Йонкер ван Тетс, Мармеладница;
- с наиболее одномерными ягодами: Дана, Асора, Валентиновка, Голландская красная.

### Литература

1. Юшев А.А. Плодовые и ягодные культуры. – СПб.: Русская коллекция, 2008. – С.145-157.
2. Помология, том. IV. – Орел: ВНИИСПК, 2009. – С. 5-14.
3. Кривко Н.П. Плодоводство. – СПб.: Лань, 2014. – С. 301-308.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 351-373.
5. Атрощенко Г.П., Шеров-Игнатъев П.В. Оценка сортов красной смородины для возделывания в Ленинградской области// Вестник студенческого научного общества. Научный журнал/ СПбГАУ. – 2017. – Вып. 1, № 8 – С. 129-131.

### Literatura

1. Yushev A.A. Plodovie i yagodnie kulturi. – SPb.: Russkaya kolleksiya, 2008. – S.145-157.
2. Pomologiya, tom. IV. – Orel: VNIISPК, 2009. – S. 5-14.
3. Krivko N.P. Plodovodstvo. – SPb.: Lan, 2014. – S. 301-308.
4. Programma i metodika sortoizucheniya plodovih, yagodnih i orehoplodnih kultur. – Orel, VNIISPК, 1999. – S. 351-373.
5. Atroschenko G.P., Sherov- Ignatev P.V. Ocenka sortov krasnoi smorodini dlya vozdelivaniya v Leningradskoi oblasti// Vestnik studencheskogo nauchnogo obschestva. Nauchnii jurnal/ SPbGAU. – 2017. – Vip. 1, № 8 – S. 129-131.



УДК 634.71;631.526.32(470.23)

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11016

Канд. с.-х. наук **Г.В. ЩЕРБАКОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, agrosad1@mail.ru)  
Аспирант **Е.С. КРАВЦОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, katarina\_endless@inbox.ru)

## **ВЫРАЩИВАНИЕ САЖЕНЦЕВ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОГО ТИПА**

Садоводство – важнейшая составная часть агропромышленного комплекса Российской Федерации и является одной из трудоемких, затратных, но высокопродуктивных отраслей сельского хозяйства. Эффективность промышленного производства продукции садоводства обуславливается адаптивностью современных технологий к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Природно-климатические условия Северо-Западного региона России позволяют возделывать многие плодово-ягодные культуры, в том числе и малину.

Необходимость увеличения производства ягод и расширения их ассортимента вызвана спросом на малину и продукты ее переработки. Пищевая и лечебная ценность ягод малины очень высока. Ягоды малины богаты клетчаткой, которая стимулирует работу кишечника и способствует выведению вредных веществ из организма. Ценная составная часть плодов – биологически активные вещества: аскорбиновая кислота, катехины, антоцианы, витамины В9, В12, Е и др. Из минеральных соединений в малине много железа, цинка, меди и марганца.

Целебными свойствами обладают не только ягоды малины, но и листья, соцветия, стебли, корни. В листьях малины, например, содержание витамина С в 8-10 раз выше, чем в ягодах.

В различных регионах России выращивают малину с двухлетним периодом развития надземной части. Это означает, что во время вегетации в кусте одновременно присутствуют однолетние и двухлетние побеги замещения и отпрыски, что требует больших затрат труда по уходу за плодоносящей плантацией (удаление побегов, пригибание стеблей на зиму, их укрытие).

В настоящее время проявляется возрастающий интерес к ремонтантной малине, которая формирует урожай в конце лета, начале осени на побегах, выросших в этом же году [1].

Одногодичный цикл развития побегов дает возможность полностью скашивать их и удалять с поля. Благодаря этому малина ремонтантная очень слабо повреждается болезнями и вредителями. Она не нуждается в различных химических обработках и связанных с этой операцией затратах средств и времени. Отсутствие обработок химикатами, опасными для здоровья, дает возможность получить экологически чистый урожай.

Достоинством ремонтантной малины является и то, что за счёт её выращивания можно продлить срок потребления свежих ягод на 1,5 - 2 месяца [2].

Скашивание поздно осенью или рано весной надземной части кустов создает условия для обработки почвы не только в междурядьях, но и в рядах. Отмеченные выше биологические особенности растений ремонтантной малины обуславливают специфику технологии ее выращивания и размножения.

Технология выращивания посадочного материала ягодных культур зависит от способа размножения. В качестве основных способов вегетативного размножения ягодных культур используют черенкование, размножение горизонтальными и вертикальными отводками, реже – корневыми отпрысками и микроразмножение *in vitro*.

Современный метод размножения *in vitro* достаточно распространен и отработан для многих видов и сортов растений, в частности, для плодово-ягодных разработана методика клонального микроразмножения с использованием культуры меристем.

Однако в промышленном производстве посадочного материала растения, полученные способом *in vitro*, чаще используют для закладки маточных насаждений, которые служат для заготовки черенков [3].

Малину размножают корневыми отпрысками, зелеными и корневыми черенками. В качестве зеленых черенков используют молодые отпрыски длиной 3-7 см, которые вырастают из почек, находящихся на корнях. Способность видов и сортов к формированию корневых отпрысков различна и является генетически вариабельным признаком.

Малина ремонтантного типа дает мало корневых отпрысков, недостаточное их количество затрудняет размножение данной культуры [5, 6].

**Цель исследования** – изучить способность малины ремонтантного типа к размножению способом укоренения побегов замещения.

В задачу исследований входило:

- изучить укореняемость побегов замещения различных сортов ремонтантной малины;
- оценить качество и выход стандартного посадочного материала при доращивании.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования по размножению проводили с 2014-го по 2018 г. на базе Учебно-опытного сада Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.

Объектами исследований служили сорта ремонтантной малины: Бабье лето-2, Геракл и Абрикосовая.

*Бабье лето-2* – ремонтантный высокоурожайный сорт малины с сочными вкусными ягодами красивой рубиновой окраски. Ягоды средней величины, округло-конусной либо круглой формы. Масса одной ягоды 3–3,5 г. Вкус кисло-сладкий, десертный. Начало созревания ягод - в первой декаде августа, плодоношение продолжительное. Куст слабораскидистый, среднерослый, высотой 1,8–2 м. Отличается высокой толерантностью к основным грибковым болезням и устойчивостью к малинному клещу. Сорт Бабье лето-2 пользуется популярностью за обильное осеннее плодоношение, раннее созревание урожая и хорошее качество плодов.

*Геракл* – ремонтантный сорт малины. Ягоды насыщенного рубинового цвета, имеют форму конуса с незначительным усечением, крупные, со средним весом в 5-7 г. Костянки хорошо скреплены между собой, не рассыпаются. Начало созревания урожая - первая декада августа. Куст слабораскидистый, среднерослый, высотой 1,5 до 2 м. Устойчив к большинству заболеваний, вредителей и не подвержен загниванию.

*Абрикосовая* – ремонтантный желтоплодный сорт малины. Ягоды тупоконической формы, светло-желтые, среднего размера, нежные, с кисло-сладкой мякотью и десертным вкусом. Средняя масса ягоды 3-3,5 г. Аромат слабо выражен. Куст слабораскидистый средней силы, высотой 1,3 — 1,6 м. Сорт устойчив к низким температурам, основным болезням и вредителям [3].

Побеги замещения изучаемых сортов для укоренения заготавливали и высаживали в теплицу с туманообразующей установкой во второй декаде июня. Длина побега замещения составляла от 30 до 60 см. В качестве субстрата использовали торф и песок в соотношении 1:1, толщина слоя 10 см. Схема посадки 15x5 см. Повторность опыта – трехкратная, в каждой повторности по 30 побегов.

Опыты по доращиванию укорененных растений проводили в течение двух лет, в защищенном и открытом грунте с закрытой корневой системой (ЗКС) и открытой корневой системой (ОКС). Растения высаживали весной в открытый грунт или в контейнеры объемом 1,5 л.

Для доращивания использовали укорененные побеги замещения, подготовленные для опыта осенью. Обрезку надземной части укорененных побегов на длину 15 см проводили осенью, перед прикопкой на хранение.

Исследования проводились по общепринятым методикам [4].

**Результаты исследования.** Результаты опытов по размножению ремонтантной малины способом укоренения побегов замещения, проведенные в течение трех лет, показали,

что укореняемость побегов замещения варьировала по сортам: Бабье лето-2 – от 69% до 71%, Геракл – от 61% до 64% и Абрикосовая – от 60% до 67%.

Укорененные побеги изучаемых сортов имели хорошо развитую корневую систему, объем которой составил 12-19 см<sup>3</sup>, а диаметр корневой шейки составил в среднем 0,75 см. Следует отметить, что побеги замещения в теплице с туманообразующей установкой продолжали расти до октября.

К концу вегетации половина побегов замещения достигла стандартных размеров, а остальные требовали доращивания.

Доращивание укорененных черенков малины до стандартного посадочного материала практически не изучено. Принимая во внимание почвенно-климатические условия Северо-Западного региона, значительный интерес представляет использование защищенного грунта. В связи с этим нами проведены опыты по доращиванию укорененных побегов малины в условиях открытого и защищенного грунта.

Учеты и наблюдения показали, что условия доращивания влияли на рост и развитие растений ремонтантной малины (табл.).

Таблица. Биометрические показатели саженцев ремонтантной малины при доращивании (2017-2018 гг.)

Сорт	Длина побега, см	Год	Длина побега, см	Объем корневой системы, см <sup>3</sup>	Диаметр корневой шейки, см	Площадь листовой поверхности, см <sup>2</sup>
Бабье лето-2	ЗКС, защищенный грунт	2017	73	27	0,62	300
		2018	70	26	0,63	307
	ЗКС, открытый грунт	2017	64	25	0,58	276
		2018	63	25	0,59	279
	ОКС, открытый грунт	2017	105	28	0,68	340
		2018	110	29	0,70	349
Геракл	ЗКС, защищенный грунт	2017	72	27	0,90	328
		2018	74	27	0,90	335
	ЗКС, открытый грунт	2017	61	25	0,83	312
		2018	59	26	0,87	310
	ОКС, открытый грунт	2017	99	30	1,00	341
		2018	102	29	0,99	345
Абрикосовая	ЗКС, защищенный грунт	2017	84	28	0,89	347
		2018	85	29	0,90	359
	ЗКС, открытый грунт	2017	68	27	0,84	340
		2018	69	27	0,85	342
	ОКС, открытый грунт	2017	116	31	1,00	370
		2018	118	33	1,05	378

Наибольший объем корневой системы наблюдали у сорта Абрикосовая при доращивании с ОКС в открытом грунте – 31-33 см<sup>3</sup>, а наименьший – у сорта Бабье лето-2 и Геракл при доращивании с ЗКС в открытом грунте – 25-26 см<sup>3</sup>.

Следует отметить, что при доращивании укорененных побегов замещения в контейнерах в открытом и защищенном грунте наблюдали переплетение корней малины, что препятствовало их развитию. В результате объем корневой системы при данном способе доращивания оказался наименьшим и в среднем составил 17 см<sup>3</sup>.

Диаметр корневой шейки варьировал у сорта Бабье лето-2 от 0,58 до 0,70 см, у сорта Геракл – от 0,83 до 1,00 см, у сорта Абрикосовая – от 0,84 до 1,05 см.

Площадь листовой поверхности у изучаемых сортов ремонтантной малины колебалась от 276 см<sup>2</sup> у сорта Бабье лето-2 при доращивании в открытом грунте до 378 см<sup>2</sup> у сорта Абрикосовая при доращивании с ОКС в открытом грунте.

Наибольшей интенсивностью роста отличались побеги изучаемых сортов, доращиваемых в открытом грунте с открытой корневой системой.

Исследования позволяют установить определенную зависимость между длиной побега замещения, укореняемостью и качеством саженцев малины.

Условия и место доращивания оказали влияние на рост, развитие саженцев и на выход стандартного посадочного материала малины (рис.).

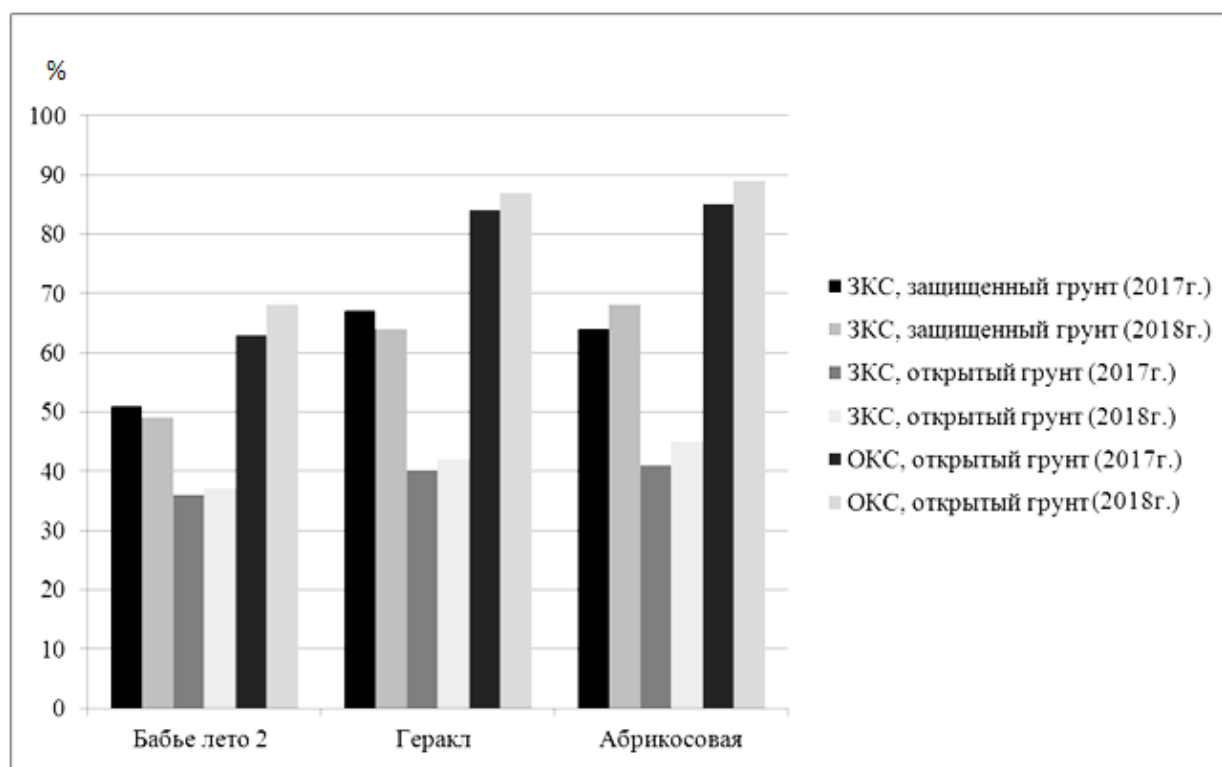


Рис. Выход стандартных саженцев различных сортов ремонтантной малины (2017-2018 гг.)

При доращивании укорененных побегов замещения ремонтантной малины наименьший выход стандартного посадочного материала отмечали у сорта Бабье лето-2 при выращивании с ЗКС в открытом грунте – 36%, а наибольший при выращивании с ОКС в открытом грунте у сорта Геракл – 87% и Абрикосовая – 89%.

#### Выводы:

1. Изучаемые сорта ремонтантной малины способны к размножению побегами замещения.

Укореняемость побегов замещения у изучаемых сортов варьировала от 60 до 71%.

2. Доращивание укорененных побегов замещения в открытом грунте обеспечило наибольший выход стандартного посадочного материала, который составил 87-89%.

Считаем, что необходимо совершенствовать элементы технологии выращивания посадочного материала ремонтантной малины способом размножения побегами замещения.

#### Литература

1. Красовская Л.С. Род *Rubus* L. (Rosaceae Adans.) Восточной Европы и Кавказа: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – СПб, 2002. – 23 с.
2. Мельников В.Е. Ягодные культуры на Европейском Севере. Малина – Вологда – Молочное.: ВГМХА, 2001. – 63 с.

3. **Казakov И.В.** Малина и ежевика. – М.: Фолио, 2001. – 256 с.
4. **Поликарпова Ф.Я.** Методика выращивания посадочного материала зеленым черенкованием. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 96 с.
5. **Щербакова Г.В., Кравцова Е.С.** Размножение ремонтантной малины // Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере: сб. научн. тр. – Ч. I. / СПбГАУ. – СПб., 2017. – С. 184-187.
6. **Щербакова Г.В., Адрицкая Н.А., Кравцова Е.С.** Особенности размножения ремонтантной малины в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №49. – 21-25.

### Literatura

1. **Krasovskaya L.S.** Rod Rubus L. (Rosaceae Adans.) Vostochnoy Evropy i Kavkaza: avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk. – SPb, 2002. – 23 s.
2. **Melnikov V.E.** Yagodnyye kultury na Evropeyskom Severe. Malina – Vologda – Molochnoye.: VGMKhA, 2001. – 63 s.
3. **Kazakov I.V.** Malina i ezhevika - M.: Folio, 2001. – 256 s.
4. **Polikarpova F.Ya.** Metodika vyrashchivaniya posadochnogo materiala zelenym cherenkovaniyem – M.: Rosagropromizdat, 1991. – 96 s.
5. **Shcherbakova G.V., Kravtsova E.S.** Razmnozheniye remontantnoy maliny // Nauchnoye obespecheniye razvitiya selskogo khozyaystva i snizheniye tekhnologicheskikh riskov v prodovolstvennoy sfere: sb. nauchn. tr. – Ch. I. / SPbGAU. – SPb., 2017. – S. 184-187.
6. **Shcherbakova G.V., Adritskaya N.A., Kravtsova E.S.** Osobennosti razmnozheniya remontantnoy maliny v usloviyakh Leningradskoy oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo niversiteta. – 2017. – №49. – 21-25.

УДК 634.1:539.261:581.48

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11020

Канд. с.-х. наук **Е.П. БЕЗУХ**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, info@petrosad.ru)  
 Канд. с.-х. наук **С.Ф. ЛОГИНОВА**  
 (ФГБОУ ВО СПбГАУ, svetaevadi@mail.ru)  
 Доктор техн. наук **Н.Н. ПОТРАХОВ**  
 (ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», nn@eltech-med.com)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В ИХ СЕЛЕКЦИИ

Ценность ягодных культур в питании человека огромна. Ягоды являются незаменимым источником минеральных веществ, белков, кислот, клетчатки и пектина, углеводов, витаминов. В России больше всего производится ягод смородины (45-47% сбора) на втором месте стоит земляника (23-25% сбора), остальное приходится на другие культуры. Основной объем сбора ягод приходится на хозяйства населения (до 72%). В промышленном производстве несколько иная ситуация: ягоды земляники занимают 40-50% общего сбора, а на втором месте находится малина, далее следует черная смородина и прочие ягоды [1]. В процессе выращивания ягодных культур выведено огромное множество разных сортов, приспособленных к той или иной зоне производства. Но времена меняются и требуются сорта, приспособленные к машинной уборке, устойчивые к основным вредителям и болезням, обладающие определенным набором питательных веществ. Поэтому процесс селекции не стоит на месте. Выводятся все новые и новые сорта. При выведении сортов, как известно, используются гибридные семена. От качества используемых семян во многом зависит жизнь выращенных растений. Не секрет, что здоровые семена дают и здоровые

растения. К тому же в селекции ягодных культур семян, как правило, бывает небольшое количество. Проверка семян на жизнеспособность обычно носит разрушительный характер, будь то использование химических реагентов или метод лабораторного проращивания. Семена после такой проверки уже не пригодны для дальнейшего использования. Но существует метод оценки качества семян, который не разрушает семена и оставляет их пригодными для дальнейшего использования. Этот метод называется микрофокусной рентгенографией, или просвечиванием семян мягким рентгеновским излучением. Этот метод с успехом уже используется в полеводстве, овощеводстве и садоводстве [2, 3, 4].

**Цель исследований** – выявить возможность использования микрофокусной рентгенографии для определения качества семян ягодных культур в их селекции.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Исследования проведены на базе электротехнического университета (ЛЭТИ) и института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства в 2016-2018 гг. Семена ягодных растений были получены из Санкт-Петербургского аграрного университета и Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. Изучали семена четырех культур: земляники (2 сорта - Дивная, Русич), малины (2 сорта - Полка, Поляна), смородины красной (2 сорта - Ненаглядная, Ранняя сладкая) и крыжовника (2 сорта - Краснославянский, Эридан). Все опыты закладывались в трехкратной-четырёхкратной повторности. Семена были расклеены на специальные карточки (по 50 шт. на каждой). При отборе и подготовке семян к исследованиям использовали ГОСТ 12036-85 [5]. Метод исследования – просвечивание семян рентгеновским излучением. В качестве излучения использовали мягколучевую микрофокусную рентгенографию. Эксперименты проводились на оборудовании электротехнического университета. В качестве рентгеноустановки использовали ПРДУ-02 (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид передвижной рентгеноустановки ПРДУ-02

Нами были определены режимы съемки ягодных культур (16-18 кВ, 60-75 мкА с экспозицией 2 минуты). Для более детального рассматривания семян использовался рентгеновский микроскоп РМ-01. Схема рентгеноскопической съемки семян земляники представлена на рис. 2.

Все результаты проведенных исследований были подвергнуты математической обработке методом дисперсионного анализа [6].

**Результаты исследований.** При проведении исследований семян земляники путем микрофокусной рентгенографии выявлено, что, казалось бы, у здоровых внешне семян обнаружены внутренние дефекты в виде отставания оболочки семени от эндосперма или загнивания. Наглядно все эти дефекты видны на рис. 3.

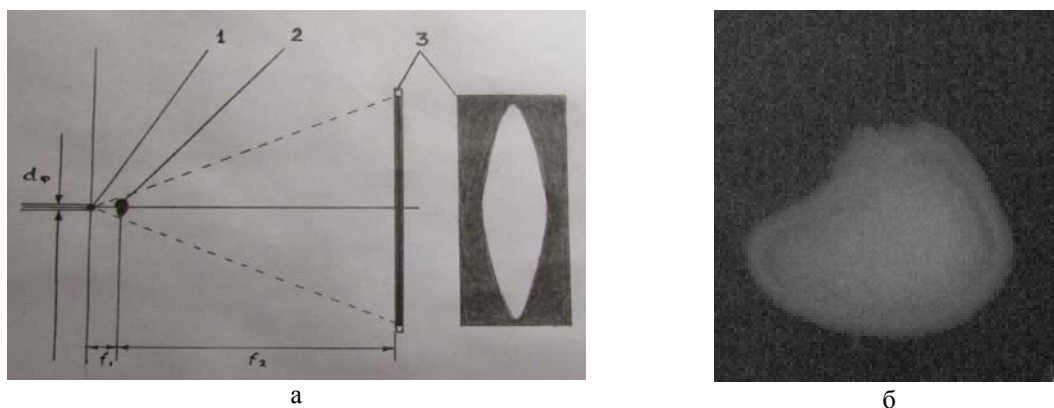


Рис. 2. Схема способа съемки семени земляники с увеличением:  
 а) 1- точечный источник излучения; 2- семя земляники; 3- приемник изображения.  
 б) изображение семени земляники в натуре (при увеличении)

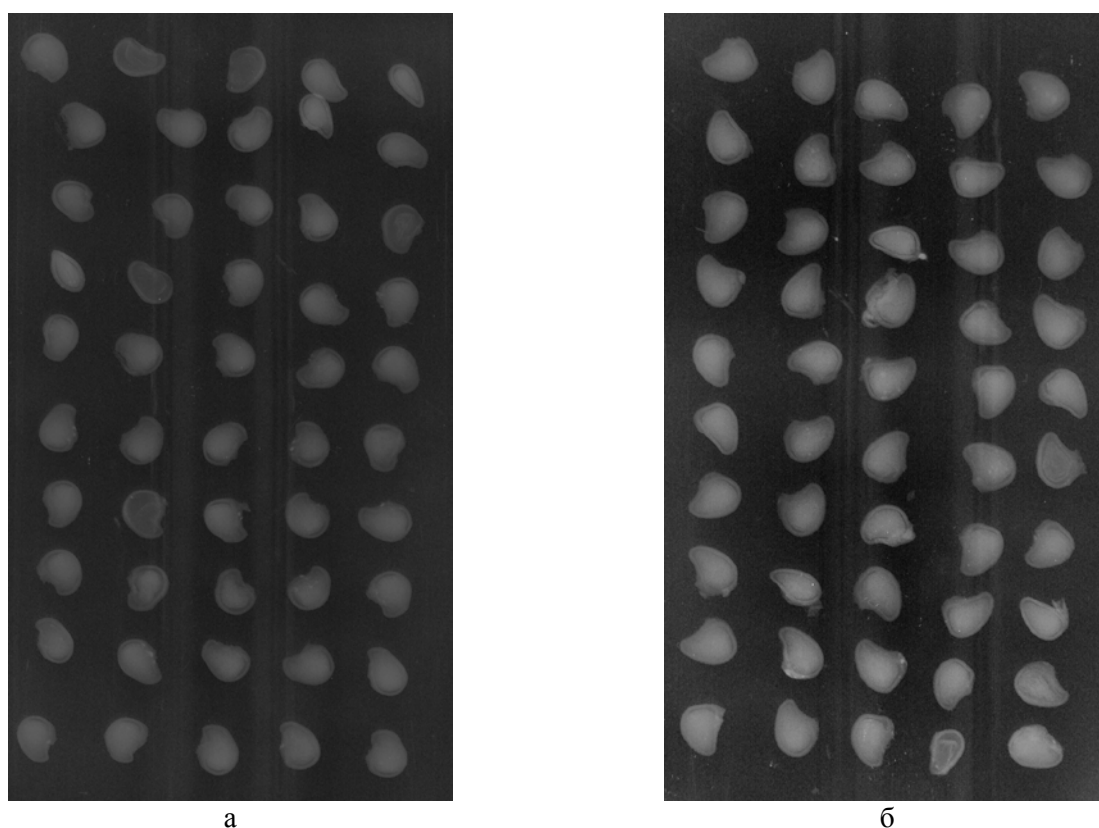


Рис. 3. Снимки микрофокусной рентгеноскопии семян земляники: а – Дивная; б – Русич

По сорту Дивная получены следующие результаты: щуплых семян насчитывалось 4%, с отставшей оболочкой – 2%, загнивших семян выявлено 6%. Дефектных семян по сорту Дивная в совокупности набирается всего 12%, соответственно здоровых – 88%. Семена земляники сорта Русич выглядели при рентгеноскопической диагностике намного лучше. Щуплых семян насчитывалось 2%, загнивших – 2%, с отставанием оболочки от эндосперма тоже 2%. Дефекты распределились по этому сорту поровну. В итоге дефектных семян выявлено 6%, а здоровых – 94%.

Рентгенографический анализ семян малины показал, что у них так же как и у семян земляники были обнаружены скрытые, невидимые глазу дефекты (рис. 4).

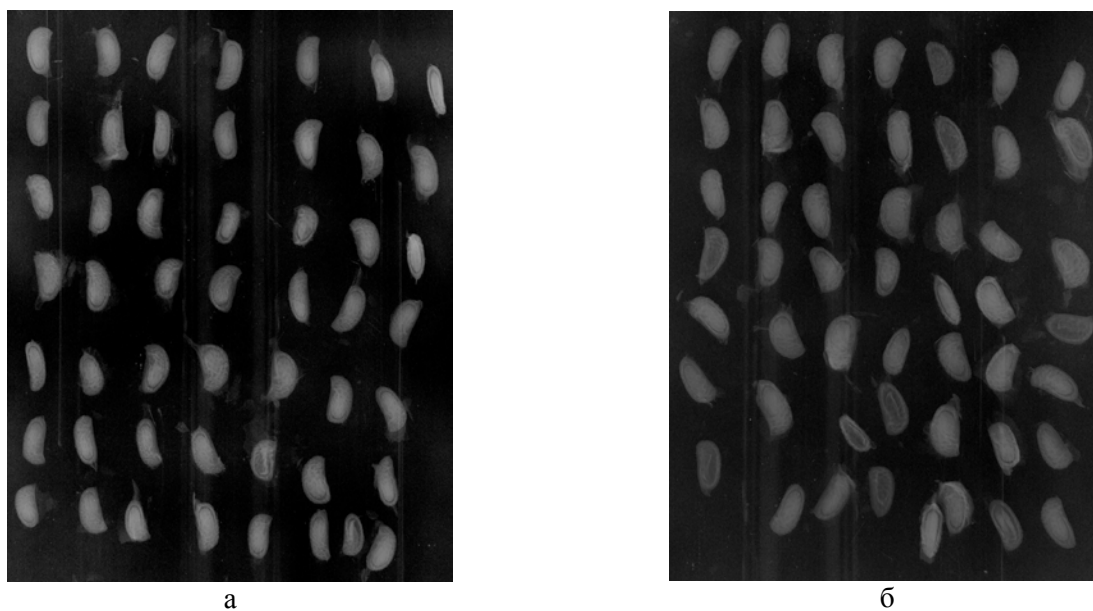


Рис. 4. Снимки микрофокусной рентгенографии семян малины: а – Полка; б – Поляна

Дефектные семена малины образовали три категории семян: щуплые семена, семена с отслоением оболочки, загнившие семена. В перечне дефектов у малины сорта Полка первое место занимали семена с отслоением оболочки от эндосперма (10%), немного меньше было выявлено семян с загнившим эндоспермом (8%). Щуплых семян, по нашей оценке, насчитывалось тоже 8%. Таким образом, общее количество дефектных семян составило 27%, а здоровых полноценных семян – 73%. Главным дефектом семян малины сорта Поляна являлась щуплость, которая составила 14%. Загнивание эндосперма вышло на второе место – 12%. Отслоение оболочки от эндосперма было минимальным и составило 6%. Совокупное количество выявленных дефектов семян по сорту Поляна оценили в 33%, а здоровых – в 67%.

Микрофокусная рентгенография, проведенная на семенах крыжовника и смородины, показала, что оболочки этих семян слабо реагировали на рентгеновское облучение в том плане, что очертания эндосперма не имели четко выраженных границ. В силу этих причин диагностика качественных показателей семян по этим культурам затруднена (рис. 5, 6).

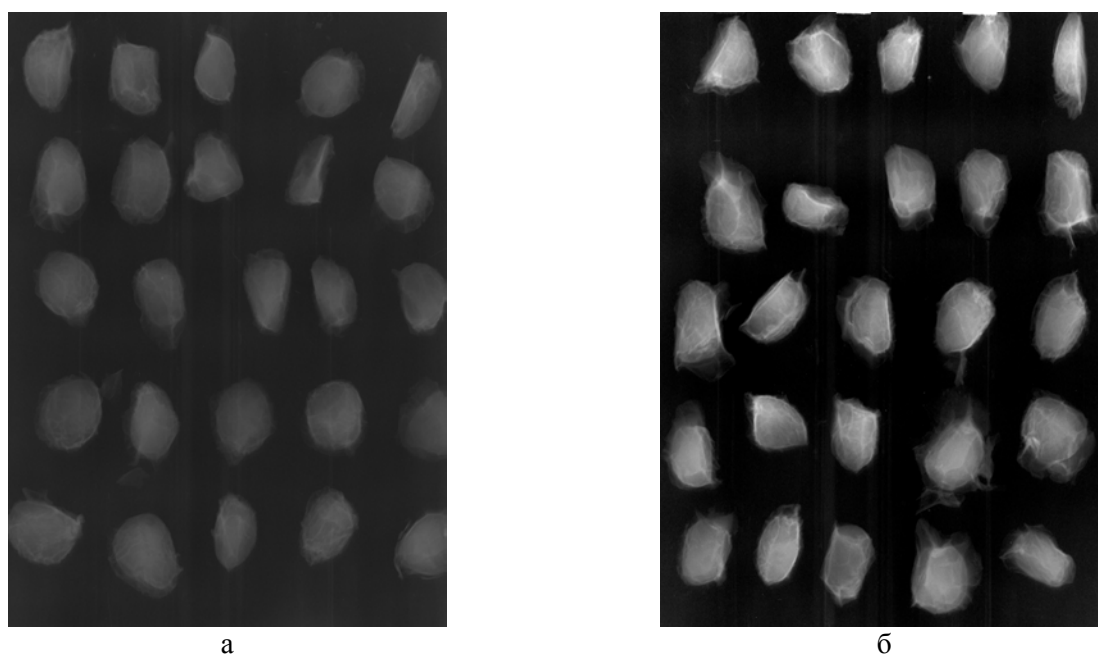


Рис. 5. Семена смородины красной: а – Ненаглядная; б – Ранняя сладкая



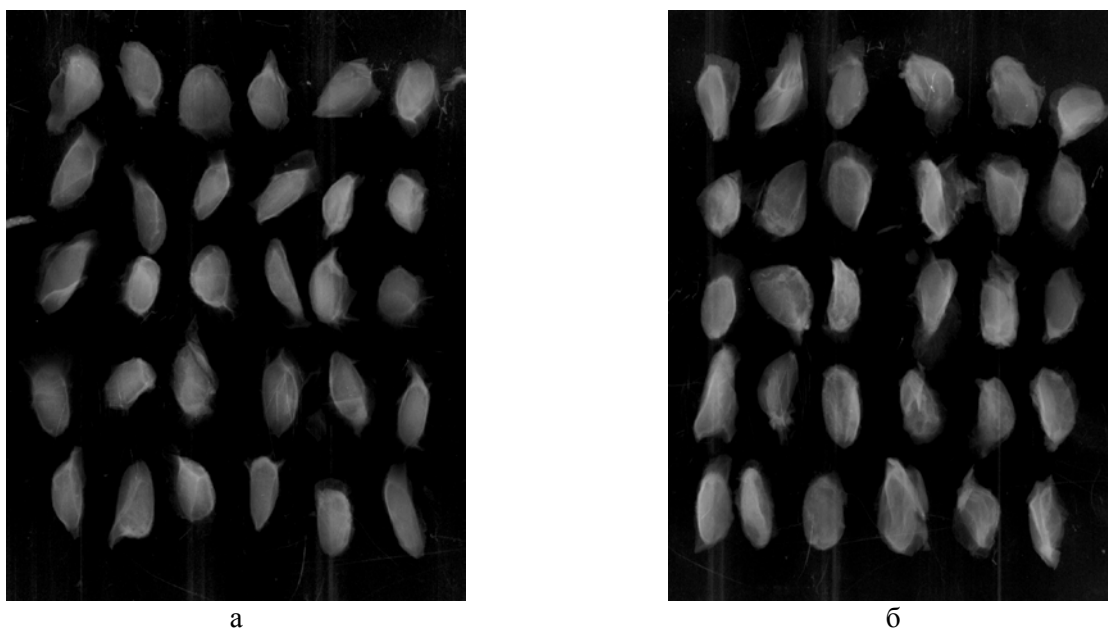


Рис. 6. Семена крыжовника: а – Краснославянский; б – Эридан

При рентгеновском просвечивании семян этих культур, вероятно, следует применить другие режимы съемки. Работу в этом направлении следует продолжить в силу большой ценности культуры крыжовника и смородины в селекции.

Все полученные результаты микрофокусной рентгенографии представлены в табл. 1.

Таблица 1. Семена малины и земляники с дефектами, определенными при помощи микрофокусной рентгенографии

Сорт	Щуплые семена		Загнившие семена		Семена с отставшей оболочкой		Здоровые семена		НСР <sub>05</sub>
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
<b>Земляника</b>									
Дивная	2	4	3	6	1	2	44	88	1,79
Русич	1	2	1	2	1	2	47	94	2,05
НСР <sub>05</sub>	1,73	-	1,90	-	1,69	-	2,31	-	-
<b>Малина</b>									
Полка	4	8	4	8	5	10	36	73	1,76
Поляна	7	14	6	12	3	6	33	67	1,80
НСР <sub>05</sub>	1,83	-	1,87	-	1,88	-	2,34	-	-

Таблица 2. Жизнеспособность семян земляники и малины, определенная методом лабораторного проращивания и микрофокусной рентгенографии

Сорта	Лабораторное проращивание		Микрофокусная рентгенография		НСР <sub>05</sub>
	шт.	%	шт.	%	
<b>Земляника</b>					
Дивная	44	88	44	88	1,23
Русич	46	93	47	94	1,30
НСР <sub>05</sub>	1,85	-	1,96	-	-
<b>Малина</b>					
Полка	45	89	44	88	1,34
Поляна	41	82	41	82	1,26
НСР <sub>05</sub>	2,10	-	2,05	-	-

Для проверки достоверности сделанной рентгенографической диагностики семян земляники и малины было проведено их лабораторное проращивание (для сравнения полученных результатов в двух вариантах). Данные проращивания семян земляники и малины в лаборатории и микрофокусной рентгенографии представлены в табл. 2.

Как видно из данных, представленных в табл. 2, результаты лабораторного проращивания семян исследованных культур совпали с результатами микрофокусной рентгенографии. Следовательно метод работает и его можно с успехом применять в селекции ягодных культур для определения жизнеспособности семян земляники и малины.

#### **Выводы:**

1. Метод микрофокусной рентгенографии можно с успехом применять в селекции ягодных культур для определения жизнеспособности семян земляники и малины.
2. Рентгенографический метод позволяет определить внутренние дефекты семян земляники и малины, не видимые внешне.
3. Рентгенографический метод не разрушает семена и позволяет их использовать для дальнейшей работы.
4. Метод эффективен при определении качественных характеристик крайне небольшого количества семян земляники и малины, используемых в селекции.
5. Микрофокусная рентгенография оказалась неэффективна в определении качества семян крыжовника и смородины красной.

#### **Литература**

1. **Голохвастов А.М., Никулина Ю.Н.** Фрукты и ягоды: российский рынок// Сельскохозяйственные вести. – 2018. – № 4. – С. 64-66.
2. **Архипов М.В., Потрахов Н.Н.** Микрофокусная рентгенография растений. – СПб.: Технолит, 2008. – 194 с.
3. **Рентгенографический анализ качества семян овощных культур:** метод. указания/ отв. сост. канд. с.-х. наук Ф.Б. Мусаев. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 42 с.
4. **Рентгенография в плодоводстве:** метод. указания/ сост.: Е.П. Безух, Н.Н. Потрахов, В.В. Бессонов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 52 с.
5. **ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур.** Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 12 с.
6. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

#### **Literatura**

1. **Golokhvastov A.M., Nikulina YU.N.** Fruktuy i yagody: rossiyskiy rynok// Sel'skokhozyaystvennyye vesti. – 2018. – № 4. – S. 64-66.
2. **Arkhipov M.V., Potrakhov N.N.** Mikrofokusnaya rentgenografiya rasteniy. – SPb.: Tekhnolit, 2008. – 194 s.
3. **Rentgenograficheskiy analiz kachestva semyan ovoshchnykh kul'tur:** metod. ukazaniya/ otv. sost. kand. s.-kh. nauk F.B. Musayev. – SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI», 2015. – 42 s.
4. **Rentgenografiya v plodovodstve:** metod. ukazaniya/ sost.: Ye.P. Bezukh, N.N. Potrakhov, V.V. Bessonov. – SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI», 2017. – 52 s.
5. **GOST 12036-85. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur.** Pravila priyemki i metody otbora prob. – M.: Izd-vo standartov, 2004. – 12 s.
6. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

УДК 634.1.03

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11026

Канд. с.-х. наук **Н.Н. ГОРБАЧЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, plodovod.2012@mail.ru)

### КАЧЕСТВО САЖЕНЦЕВ ГРУШИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

Груша по распространенности занимает ведущие позиции, уступая лишь яблоне. Высоко ценятся лучшие её сорта за вкусовые качества плодов и своеобразный аромат, известны и лечебные свойства.

В России основные насаждения груши сосредоточены на Северном Кавказе и в Поволжье. Груша более теплолюбива и менее зимостойка, чем яблоня, поэтому и северная граница её промышленной культуры проходит значительно южнее. Северная граница культуры груши проходит по линии Санкт-Петербург - Ярославль - Нижний Новгород - Уфа - Оренбург [1,2].

Груша нашла широкое распространение в индивидуальных садах Северо-Западного и смежных с ним регионах, и особенно благодаря коренному улучшению сортимента. Современные сорта, разрешенные к использованию в нашей зоне, Лада и Чижовская – отличаются скороплодностью, устойчивостью к грибным болезням и небольшой высотой деревьев, а также высокими вкусовыми качествами. Все это прибавляет популярности этой культуре. Однако в садах используют и ряд других сортов.

Важна роль питомника в распространении районированных зимостойких сортов и выращивании качественного посадочного материала, от чего напрямую зависит наращивание урожайности плодовых деревьев.

**Цель исследований** – дать оценку различным сортам груши во втором и третьем полях питомника в условиях Ленинградской области, Северо-Западного региона РФ.

Задачи:

1. Определить выход однолетних саженцев груши изучаемых сортов при окулировке на сеянцы груши обыкновенной.
2. Провести наблюдения за перезимовкой саженцев изучаемых сортов груши.
3. Определить выход стандартного материала однолетних и двухлетних саженцев груши.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Наблюдения были проведены на территории производственного отдела ИАЭП (ЛПООС) в 2017-2018 гг. Сеянцы груши обыкновенной выращивались в защищенном грунте, затем были высажены в нулевое поле и привиты в первом поле питомника. Схема посадки 70 x 10-15 см.

Окулировка проводилась в 2016 г. в обычные сроки, третьей декаде июля. В каждом варианте не менее 100 шт. Выход и биометрические показатели однолетних саженцев определяли в конце вегетации. Однолетки были обрезаны на крону в третьем поле питомника. Была дана оценка по результатам перезимовки саженцев в полевых условиях.

Биометрические наблюдения двухлетних саженцев были проведены по следующим показателям: диаметр штамба (мм), высота двухлетних саженцев (см), длина и количество разветвлений (шт.). Для биометрической оценки использовали по 30 растений каждого сорта. Качество посадочного материала определяли согласно ГОСТ Р 53135-2008 для средней зоны.

Объектами исследований являлись сорта груши разных сроков созревания: Лада, Чижовская, Орловская летняя, Память Яковлева, Северянка краснощекая, Кафедральная, Белорусская поздняя (табл. 1).

Три сорта из изучаемых - Лада, Чижовская и Белорусская поздняя, рекомендованы для использования в Северо-Западном регионе, а остальные - перспективные.

Многолетние исследования в Орловской области по комплексной оценке зимостойкости сортов груши выявили высокозимостойкие на уровне Бессемянки - Белорусская поздняя, Кафедральная, Кипарисовка, Лада, Лида, Лукашовка, Памяти Жегалова, Памяти Яковлева, Чижовская и др. [3].

Большинство изучаемых объектов отличаются высокой зимостойкостью и могут использоваться в любительском садоводстве Северо-Западного региона.

Таблица 1. Объекты исследований

Сорт	Происхождение	Регион допуска к использованию	Страна, учреждение-оригинатор
Чижовская	От скрещивания сортов Ольга и Лесная красавица	Центральный, Средневолжский и Северо-Западный	Россия, Московская СХА им. К.А. Тимирязева
Белорусская поздняя	Посев семян сорта Добрая Луиза свободного опыления	Северо-Западный и Центральный	Белорусский НИИ плодового садоводства
Кафедральная	32-67 (Тёма х Лесная красавица) х 72-43 (Дюшес Бедро х Лесная красавица).	Центральный	Россия, Московская СХА им. К.А. Тимирязева
Лада	От скрещивания сортов Ольга и Лесная красавица	Центральный, Центрально-Черноземный и Средневолжский	Россия, Московская СХА им. К.А. Тимирязева
Орловская летняя	От опыления в сорта Бергамот Новик пыльцой Любимицы Клаппа	Центрально-Черноземный	Россия, ВНИИСПК
Память Яковлева	Сеянец 329-11 (сеянец сорта Пурман от свободного опыления) х Лада	Центральный, Центрально-Черноземный и Средневолжский	Россия, ВНИИГСПР им. И.В. Мичурина и Мичуринский ГАУ
Северянка краснощекая	От скрещивания сорта Северянка с Краснощекой	Центрально-Черноземный	Россия, ВНИИГСПР им. И.В. Мичурина

**Результаты исследований.** Результаты наблюдений отражены в табл. 2 и 3. Окулировка обеспечила высокий выход саженцев груши - в среднем 80% (табл. 2). Наиболее качественный посадочный материал был выращен у сортов: Северянка краснощекая, Память Яковлева, Орловская летняя, Кафедральная. Эти сорта превосходили контрольный вариант (Чижовская) по биометрическим показателям и в итоге по выходу стандартного материала.

Таблица 2. Выход и качество однолетних саженцев груши, 2017 г.

Сорт	Выход саженцев, %	*Диаметр штамба (подвоя), мм	Диаметр штамба (привоя), мм	Выход стандартных однолеток, %		Зимние повреждения в виде ожога, % растений
				1 – тов. сорт	2 – тов. сорт	
Чижовская (К)	80,0	17,2	9,5	20,0	10,0	0
Белорусская поздняя	83,3	13,9	9,3	17,0	24,9	27
Кафедральная	75,0	17,3	10,2	16,6	33,2	0
Лада	88,3	16,2	9,3	8,3	16,6	0
Орловская летняя	80,0	16,1	11,1	40,0	10,0	0
Память Яковлева	73,3	15,4	10,6	10,3	41,5	2
Северянка краснощекая	78,3	16,7	11,6	16,6	41,5	80
Среднее:	79,7	16,1	10,2	18,4	20,6	15,6

\* - диаметр штамба подвоя измеряли ниже места прививки, на высоте 7-10 см от поверхности почвы

На однолетних саженцах были отмечены повреждения в виде зимнего ожога на 80% деревьев сорта Северянка краснощекая - на 69% длины прироста и у 27% растений сорта Белорусская поздняя – на 51% длины прироста с одной стороны. Это косвенно свидетельствует о более низкой зимостойкости этих сортов.

На дальнейшем развитии саженцев это повреждение не оказало негативного действия, растения восстановились и имели хорошо развитую надземную часть (табл. 3). Саженцы сорта Северянка краснощекая имели существенно больший диаметр штамба (17,7 мм) в сравнении с другими сортами и наиболее длинные разветвления (52,1 см). Выход стандартных саженцев этого сорта составил 87%.

Сорт Орловская летняя отличался менее интенсивным ростом в третьем поле питомника. Двухлетние саженцы этого сорта были самыми слаборослыми – высотой 119,7 см, имели наименьшее количество разветвлений 5,7 шт. и, как следствие, суммарный прирост почти в 2 раза меньше других сортов - 197,6 см.

В целом двухлетние саженцы груши имели мощное развитие при выращивании в открытом грунте без пересадки. Так, высота в среднем составила 137 см, диаметр штамба 15,2 мм, количество разветвлений – 9 шт. длиной 39 см. Выход стандартных саженцев был высоким – 93%, в то время как выход однолетних стандартных саженцев был меньше – 39%.

На качество саженцев оказывают влияние многие факторы, в том числе сорт, подвой, срок и способ прививки, агротехнические условия. Значительно улучшить биометрические показатели можно, например, с помощью внекорневых подкормок макро- и микроэлементами, обработки стимуляторами роста и т.п. [4, 5].

Таблица 3. Выход и качество двухлетних саженцев груши, 2018 г.

Сорт	Высота растений, см	Диаметр штамба (подвоя), мм	Диаметр штамба (привоя), мм	Кол-во ветвей, шт.	Средняя длина ветвей, см	Суммарн. прирост, см	Выход стандартных двухлеток, %	
							1 – тов. сорт	2 – тов. сорт
Чижевская (К)	138,9	21,3	15,2	8,8	36,1	380,8	40	50
Белорусская поздняя	139,8	21,1	15,1	10,0	31,2	418,9	11	89
Кафедральная	131,6	23,5	15,2	10,3	40,1	447,3	12	88
Лада	141,7	21,2	15,2	9,0	41,1	408,2	33	54
Орловская летняя	119,7	16,6	12,8	5,7	35,0	197,6	0	60
Память Яковлева	144,0	21,1	15,1	10,0	35,3	381,8	22	67
Северянка краснощекая	140,2	23,1	17,7	7,3	52,1	387,5	33	54
Среднее:	136,6	20,9	15,2	8,7	38,7	374,6	30	63
Корреляция	Несущ.	-	0,8	Несущ.	Несущ.	0,9	-	-

Был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости биометрических показателей саженцев от диаметра подвоя, получены следующие результаты. Корреляция была несущественной для однолетних саженцев, диаметр подвоя не оказал влияния на диаметр стволика в первый год выращивания. Однако на двухлетних саженцах она была существенной, коэффициент корреляции показателя диаметр штамба от диаметра подвоя составил 0,8, а по суммарному приросту – 0,9. При этом не выявлено прямой зависимости высоты растений, количества разветвлений от диаметра подвоя и диаметра стволика (привоя), т.е. это, скорее, сортовые признаки. Не выявлено также зависимости суммарного прироста от диаметра стволика, но корреляция существенна от диаметра подвоя.

Окулировка является одним из самых эффективных способов выращивания саженцев плодовых культур, которая в том числе обеспечивает высокое качество посадочного материала и в условиях данной природно- климатической зоны [6]. В северных районах в условиях Сибири это также один из основных способов размножения груши; рассматривались варианты, в том числе раннелетней окулировки и прорастающим глазком [7].



Рис. 1. Саженцы груши сорта Орловская летняя, 2018 г.



Рис. 2. Двухлетние саженцы груши сорта Чижовская, 2018 г.

Считаем, что высококачественный посадочный материал груши в условиях Северо-Запада можно получить, не прибегая к условиям защищенного грунта, а используя сильные интенсивно растущие подвои и высокий агротехнический фон. Хорошие результаты дает посадка и зимней прививки в открытый грунт в условиях Ленинградской области, но более интенсивный рост наблюдается не у однолеток, а у двухлетних саженцев, выращенных без пересадки.

Саженцы, растущие в условиях естественного освещения без применения укрытия различных типов культивационных сооружений, свободно ветвятся и не вытягиваются, не требуют опоры. Особенно это важно для груши, с её биологическими особенностями роста, которая при выгонке в теплице из зимней прививки требует подвязывания и может иметь искривленный ствол и закручивающиеся вытянутые разветвления. Как показывает практика, в условиях данной природно-климатической зоны, в защищенном грунте следует выращивать подвои максимально допустимого диаметра с толстой эластичной корой, а не саженцы груши.

#### **Выводы:**

1. Окулировка груши в условиях Ленинградской области обеспечила выход однолетних саженцев от 73,3 (Память Яковлева) до 88,3% (Лада).

2. Наиболее слаборослые и менее разветвленные двухлетние саженцы груши получены у сорта Орловская летняя. Наиболее развитые саженцы были у сортов Кафедральная, Белорусская поздняя, Лада, Северянка краснощекая. Выход стандартных двухлетних саженцев в среднем составил 93%.

3. Выявлена прямая зависимость диаметра штамба и суммарного прироста от диаметра подвоя; именно подвой оказывает существенное влияние на развитие двухлетних саженцев груши. Коэффициент корреляции составляет 0,9.

Таким образом, высокое качество посадочного материала груши в условиях Северо-Западного региона достигается высоким агротехническим фоном и использованием окулировки на хорошо развитые мощные подвои.

#### **Литература**

1. **Малая энциклопедия садовода** / Сост. А.А. Юшев. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2005. – 605 с.
2. **Общая и частная селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур** / Г.В. Еремин, А.В. Исачкин, И.В. Казаков и др.; под ред. Г.В. Еремина. – М.: Мир, 2004. – 422 с.
3. **Резвякова С.В.** Перспективные сорта груши для селекции на зимостойкость // Актуальные и новые направления селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции (18.02.2017 г., Владикавказ) / Горский ГАУ. – Владикавказ, 2017. – С. 173-175.
4. **Исаев Р.Д., Сергеев Д.В.** Влияние некорневых подкормок на ростовую активность саженцев груши в питомнике // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т.32. – № 1. – С. 170-175.
5. **Резвяков А.В., Гурин А.Г., Резвякова С.В.** Влияние стимулятора роста нового поколения на продуктивность питомника груши // Плодоводство и ягодоводство России. – 2013. – Т.36. – № 2. – С. 114-119.
6. **Горбачева Н.Н.** Качество посадочного материала яблони в зависимости от способа выращивания // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава (26-28 января 2017 г., СПб-Пушкин): в 2-х частях / СПбГАУ. – СПб., 2017. – С. 44-47.
7. **Семейкина В.М., Пучкин И.А.** Влияние сроков и способов инициации прорастания почек раннелетней окулировки на выход и качество посадочного материала груши в условиях Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №7. – С. 50-52.

### Literatura

1. **Malaya enciklopediya sadovoda** / Sost. A.A. Yushev. – M.: ZAO Centrpoligraf, 2005. – 605 s.
2. **Obshchaya i chastnaya selekciya i sortovedenie plodovyh i yagodnyh kul'tur** / G.V. Eremin, A.V. Isachkin, I.V. Kazakov i dr.; pod red. G.V. Eremina. – M.: Mir, 2004. – 422 s.
3. **Rezvyakova S.V.** Perspektivnye sorta grushi dlya selekcii na zimostojkost' // Aktual'nye i novye napravleniya selekcii i semenovodstva sel'skhozajstvennyh kul'tu: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (18.02.2017 g., Vladikavkaz) / Gorskij GAU. – Vladikavkaz, 2017. – S. 173-175.
4. **Isaev R.D., Sergeev D.V.** Vliyanie nekornevnyh podkormok na rostovuyu aktivnost' sazhenecv grushi v pitomnike // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2012. – T.32. – № 1. – S. 170-175.
5. **Rezvyakov A.V., Gurin A.G., Rezvyakova S.V.** Vliyanie stimulyatora rosta novogo pokoleniya na produktivnost' pitomnika grushi // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2013. – T.36. – № 2. – S. 114-119.
6. **Gorbacheva N.N.** Kachestvo posadochnogo materiala yabloni v zavisimosti ot sposoba vyrashchivaniya // Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah importozameshcheniya: sb. nauch. tr. mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava (26-28 yanvarya 2017 g., SPb-Pushkin): v 2-h chastyah / SPbGAU. – SPb., 2017. – S. 44-47.
7. **Semejkina V.M., Puchkin I.A.** Vliyanie srokov i sposobov iniciacii prorastaniya pocek ranneletnej okulirovki na vyhod i kachestvo posadochnogo materiala grushi v usloviyah Altajskogo kraja // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – №7. – S. 50-52.

УДК 631/635

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11031

Канд. с.-х. наук **Т.А. ДАНИЛОВА**  
(ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»  
(СЗЦППО), danilovata2@mail.ru)  
Доктор с.-х. наук **А.М. СПИРИДОНОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, anatolij-spiridonov@yandex.ru)  
Доктор биол. наук **М.В. АРХИПОВ**  
(ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»  
(СЗЦППО), szcentr@bk.ru)

### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Мировой опыт свидетельствует о том, что генетические растительные ресурсы являются важнейшим национальным богатством, играющим решающую роль в селекции, создании сортов, отвечающих по урожайности, качеству продукции и адаптивности требованиям производства, а также в обеспечении продовольственной, а, следовательно, и национальной безопасности и суверенитета каждого государства. Российская Федерация обладает богатейшим и уникальным фондом растительных ресурсов в виде мировой коллекции Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (до 2015 г. ВИР им. Н.И. Вавилова). В настоящее время данный генетический банк растительных ресурсов, собранный со всех континентов Земли, насчитывающий 325660 образцов, представленных 64 ботаническими семействами, 376 родами и 2169 видами, служит стратегической базой эффективного и стабильного развития не только сельского хозяйства, но и всех отраслей экономики и социальной сферы. Созданный генбанк занимает 4 место в мире по размерам и является богатейшим по ботаническому, генетическому, географическому и экологическому разнообразию. Коллекция включает и живые растения, и семена, и клеточные криокультуры и по существу является не только нашим богатством, но и богатством будущих поколений. Поэтому



неслучайно эксперты World Bank оценили коллекцию ВИР в восемь триллионов американских долларов, т.е. больше, чем ВВП Российской Федерации, а сбор и сохранение имеющегося биоразнообразия в генбанке в настоящее время является важной задачей ученых XXI века [1].

Задачи современной селекции в связи с этим заключаются в наиболее полном использовании имеющегося в геномном банке исходного растительного материала для практических целей по созданию качественно новых сортов сельскохозяйственных культур.

**Цель исследований** состоит в том, чтобы проанализировать, насколько полно используется потенциал банка генетических ресурсов растений в селекции на качество сельскохозяйственной продукции.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Материалом исследований послужил потенциал коллекции генетических ресурсов растений Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР) и его реализуемость в современной селекции отечественными и зарубежными селекционерами. В работе использован аналитический метод исследований по оценке созданных отечественных сортов и реализации потенциала генетической коллекции в перспективе при выведении сортов кормовых, зерновых, зернобобовых, овощных культур, картофеля и др. с заданными свойствами качества продукции.

**Результаты исследований.** Нами обобщены многочисленные данные о возможности использования коллекции по созданию новых сортов с заданными свойствами качества растительной продукции и устойчивостью растений к биотическим и абиотическим факторам среды. В этом плане уместно указать на уникальность генетической коллекции растений. Прежде всего, её ценность состоит в том, что сохранены уникальные староместные сорта зерновых и кормовых культур России, и около 30% коллекции составляют сорта и образцы уже исчезнувшие в природе и утерянные производителями. Между тем многие из них несут ценные гены, которые на определенном этапе могут быть востребованы вновь в связи с возобновлением селекционной работы по той или иной культуре. Важным источником новых генов устойчивости к заболеваниям и вредителям, генов скороспелости, качества и других признаков в коллекции являются также дикие сородичи культурных растений. Сегодня есть технологии, позволяющие находить эти гены и целенаправленно переносить их в создаваемые сорта сельскохозяйственных культур. Таким образом, коллекция позволяет успешно решать многие проблемы в сельском хозяйстве России и других стран, и не случайно около 80% сортов, возделываемых в РФ, созданы с участием образцов из коллекции ВИР.

В настоящее время кормовые культуры, рекомендуемые для возделывания в сельскохозяйственном производстве СЗФО, представлены достаточно широко. Только ассортимент бобовых и злаковых трав на 2018 г. включает 481 сорт 18-ти видов многолетних трав, в том числе 56 сортов региональных НИУ. Тем не менее видовой состав широко возделываемых в настоящее время в регионе многолетних трав ограничен и представлен в основном тимофеевкой луговой, овсяницей луговой, райграсом пастбищным и клевером луговым. Так состав высеваемых семян трав в Ленинградской области в 2016 г. включал 25,8% тимофеевки луговой и 25,6% смеси семян с доминированием райграса. Доля бобовых трав в общем объеме семян достигала 20%, в т.ч. 13,2% клевера лугового.

Для решения проблемы дефицита протеина в кормах необходимо увеличить долю бобовых и злаково-бобовых травостоев в структуре трав до 40-45% при 10-11% в данный период и расширить ареал возделывания пока ещё малораспространённых интенсивных культур, таких как люцерна изменчивая, козлятник восточный, лядвенец рогатый, люпин узколистый, принимая во внимание тенденцию потепления климата, а также клевера ползучего и низовых злаков, обеспечивающих более длительный срок использования травосмесей. Кроме того, необходимо возобновить в регионе селекционные работы по тимофеевке луговой, овсянице тростниковой, райграсу пастбищному, клеверу ползучему и другим культурам.

Несмотря на то, что имеющиеся сорта характеризуются комплексом хозяйственно-ценных признаков, проблема их качества в последнее время приобретает особую актуальность. Качество кормов, в т.ч. объемистых, составляющих основу растениеводческой продукции, зависит от качественных показателей травостоя (стеблестоя), сроков уборки и технологий хранения. В СЗФО значительный объем кормов не соответствует требованиям высокопродуктивного животноводства. Так, в 2014 г. в хозяйствах Вологодской области удельный вес высококачественного сена (1 и 2 класс), отвечающего требованиям стандартов по содержанию протеина, обменной энергии и другим показателям, не превышал 14,1%, сенажа – 38,5% и силоса – 44,8%. Сходное положение и в других областях региона [2].

В среднем по стране содержание белка в сене не превышает 10%, в силосе – 8%, в сенаже – 10-12% и обеспеченность 1 корм. ед. сырым протеином составляет 80-90% вместо 100% (105-110 г по нормативам кормления). Из-за дефицита кормового белка снижается продуктивность животных, повышается расход кормов на единицу продукции, возрастает её себестоимость [3].

Кроме того, использование новых методов оценки качества кормовой массы показывает наличие в кормах микотоксинов – вторичных метаболитов плесневых грибов, вызывающих у животных токсикозы, расстройства пищеварения, снижение иммунитета, репродукционной способности, продуктивности и долголетия. Например, по результатам исследований компании ООО «БИОТРОФ», проведенных в период 2013-2016 гг. в хозяйствах Ленинградской области, установлено, что микотоксины в фуражном травостое и консервированных кормах региона присутствуют в количествах, представляющих опасность для здоровья человека и животных. Превышение ПДК по содержанию отдельных микотоксинов в травостое было обнаружено в 21,1-91,7% случаев, а в некоторых образцах концентрации микотоксинов достигали значений, во много раз превосходящих максимально допустимые уровни – до 20 раз [4]. Таким образом, проблема качества и безопасности продукции кормопроизводства в значительной степени зависит не только от качественных характеристик создаваемых сортов с использованием генетической коллекции, но и от уровня организации технологического процесса заготовки и хранения кормов.

В настоящее время задачи, решаемые с использованием генетической коллекции, многообразны. В первую очередь – это адаптация сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям. При глобальном потеплении, другом увлажнении, появлении новых патогенов могут возникнуть совершенно иные требования к культурам, которые возделываются. Необходимы будут новые культуры и сорта, доноры которых могут быть обнаружены в обширной коллекции ВИРа.

Например, использование в селекции картофеля генофонда диких видов ВИР, собранных в Южной и Центральной Америке и исчезнувших уже сейчас в естественных условиях, позволило спасти эту культуру от фитофтороза, повысить урожайность сортов в 3-4 раза, придать им такие ценные свойства, как скороспелость, устойчивость к патогенам, лежкость и, в конечном итоге, улучшить качественные и потребительские свойства производимой продукции для использования на продовольственные и кормовые цели. *Набирают популярность сорта фиолетового картофеля, которые содержат антоциан и лучше хранятся, что является также важным качеством для сельского хозяйства [5].*

В настоящее время в Госреестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в производстве, насчитывается более 400 сортов картофеля, в том числе более 50% занимают сорта отечественной селекции, характеризующиеся комплексом хозяйственно-ценных признаков по качественным и биохимическим показателям (период покоя, товарность клубней, содержание витамина С, крахмала, редуцирующих сахаров и др.). По Северо-Западному региону РФ допущено к использованию 99 сортов картофеля различных групп спелости столового назначения и пригодных для переработки.

Генетическая коллекция по зерновым культурам также успешно используется. Обнаруженный в коллекционных образцах ржи доминантный ген короткостебельности положил начало новаторскому мировому направлению селекции этой культуры – созданию неполегающих сортов, которые в настоящее время занимают более 80% посевов культуры и

благодаря сбалансированности питательных веществ являются незаменимой культурой в диетическом питании и мощным профилактическим средством против ожирения, атеросклероза, ишемической болезни, нервных и даже онкологических заболеваний. На 2018 год допущено к возделыванию по Северо-Западному региону 22 сорта озимой ржи, которые характеризуются высокими хлебопекарными свойствами и другими качественными показателями (сила муки, стекловидность, содержание белка и т. д.). В последние годы учеными ВИРа созданы новые низкопентозановые сорта ржи с высокими кормовыми характеристиками, пригодные для кормления животных, среди них сорта Вавиловская и Берегиня, допущенные к использованию в СЗФО с 2016 года.

Важным для человечества направлением в науке 21 века является проблема получения высококачественных продуктов здорового питания. Обоснованным является подход к проблеме, рассматривающий, как фундаментальные характеристики компонентов питания, так и организмов их потребляющих. Растения являются первичными продуцентами трофической цепи. Эволюционно человек и его предки в пищевом аспекте рассматриваются как всеядные с преобладанием в рационе продуктов растительного происхождения. Почти вековой опыт ВИР по всестороннему изучению биохимических признаков растительных образцов мировой коллекции, как основы пищевых качеств продукции, убеждает, что они являются непознанным до конца источником химических соединений, необходимых для обеспечения здорового, диетического, функционального и лечебного питания человека. К основным ингредиентам функциональных пищевых растительных продуктов относят антиоксиданты [6].

Недооцененным в нашей стране фактором здорового питания являются зернобобовые культуры, в семенах которых содержится от 15 до 55% растительного белка. Если зерновые считаются источником энергии, овощи и фрукты необходимы для регуляции процессов метаболизма, то зернобобовые называют культурами «body building» - компонентами для создания мышечной массы. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежедневное потребление бобовых должно составлять не менее 0,5 грамма на 1 килограмм веса. Биологическая ценность их гипоаллергенных белков очень высокая – 75-85% от белков молока и яиц. В семенах содержится много клетчатки, витаминов, минеральных и биологически активных веществ. Они ценны в лечебном, профилактическом и диетическом питании, а также могут составлять основу для современных пищевых технологий и при возделывании улучшать плодородие и структуру почв. При эффективном использовании коллекции ВИР могут быть созданы сорта различного целевого направления [7].

Овес используется в основном в качестве зернофуражной культуры в СЗФО и РФ в целом. Традиционными направлениями селекции этой культуры являются повышение содержания в зерне белка, лизина и крахмала. В настоящее время востребованными становятся его пищевые и диетические свойства, такие как содержание масла с хорошо сбалансированным жирнокислотным составом, микроэлементов, а также устойчивость к фузариозной инфекции (т.е. отсутствие в зерне микотоксинов). Всё большее интерес для человека представляют сорта голозерного овса. На основе антиканцерогенных веществ (полифенольные соединения – изофлавоны, антоцианы, куркумин, катехины и др.) голозерного овса, обладающего высокими диетическими, лечебно-профилактическими свойствами и содержащего повышенное количество таких биологически активных веществ, как глюкоканы, арбиноксиланы, витамин Е, создаются функциональные продукты питания для профилактики онкологических заболеваний. Мука из голозерных форм овса с пониженным уровнем глютена может служить альтернативной пшеничной и ржаной муке для изготовления безглютеновых мучных изделий для больных целиакией.

В коллекции ВИР выделены генотипы, обладающие комплексом ценных свойств, которые могут быть источниками для селекции сортов на повышение качества зерна для производства безопасных, диетических и функциональных продуктов питания. В настоящее время в Госреестре селекционных достижений РФ уже находятся сорта данной культуры, такие как Самсон 57, Вятский и др. [8,9].

С использованием генетических источников и доноров имеются возможности расширения спектра применения зерна ячменя. Примером может служить новый сорт голозерного ячменя Адам с отличными крупяными качествами для перерабатывающей промышленности. Перспективными являются направления селекции на повышение физиологической ценности зерна за счет низкого содержания глютена, высокого содержания антоцианов, повышенного или пониженного содержания  $\beta$  – глюкана. Сорта могут различаться по содержанию фенольных кислот, флавоноидов, фитостеролов, токолов и др. с повышенными иммуномоделирующими и канцерозащитными свойствами. Возможно, новые сорта с новыми свойствами будут менее урожайными по сравнению со стандартами, поэтому нужна будет корректировка нормативной базы Госкомиссии для включения их в Госреестр РФ [10].

Вместе с тем необходимо учитывать, что эффективность использования сортового потенциала создаваемых сортов, и в частности зерновых культур, нуждается в дальнейшем повышении. Например, по данным ВНИИ зерна, в Госреестр РФ на 2017 г. включено 355 сортов озимой пшеницы, из которых возделывается 293 сорта и только 16 сортов-лидеров занимают более 50% высева данной культуры по стране. В числе сортов-лидеров следует отметить такие сорта, как Московская 39, Московская 40, Московская 56, Скипетр, Таня, Жемчужина Поволожья, Ермак, Губернатор Дона, Льговская 4, Станичная и др., характеризующиеся стабильной урожайностью и высокими качественными показателями зерна (стекловидность и натура зерна, содержание белка и клейковины, качество клейковины).

Чрезвычайно важную роль в питании человека играют овощи, поэтому овощеводство является одной из самых динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства. В настоящее время в Госреестр селекционных достижений РФ включено по 123 овощным и бахчевым культурам свыше 6500 сортов (из них около 30% гибриды). Среди большого разнообразия этих культур следует выделить группу стратегически важных, незаменимых в питании населения России, входящих в потребительскую корзину, разработанную на основе «Малых норм употребления продуктов питания», предложенных Институтом питания РАН, а также в армейский рацион и утверждённые «Нормы лечебного питания». К таким овощным культурам относятся свекла, морковь, капуста белокочанная, цветная, брокколи, лук репчатый, огурцы, помидоры, тыква, кабачки, баклажаны, перец сладкий, петрушка, укроп (список из "Норм лечебного питания", изложенных в Приказе № 395н об утверждении норм лечебного питания Министерства здравоохранения РФ от 21 июня 2013 г.). В структуре овощной продукции до 88% занимают всего 6 овощных культур. Основная доля товарного производства стратегически важных культур должна быть сосредоточена на территории РФ в масштабе, достаточном для обеспечения населения страны, и выращиваться из семян сортов отечественной селекции, права на которые принадлежат российским гражданам (организациям).

В мире основное направление селекции овощных культур – создание гетерозисных гибридов, а не сортов. В развитых европейских странах доля гибридов достигает 85-90%, в Японии приближается к 100% , а в Госреестре селекционных достижений РФ они составляют только 30% от 6500 сортов, рекомендованных к использованию. Учитывая, что в последнее время условия окружающей среды становятся все более напряженными, то к создаваемым сортам предъявляют новые требования, такие как снижение энергозатрат и пестицидной нагрузки при их выращивании, а также применение технологий, не нарушающих экологию окружающей среды [11].

В СЗФО в силу климатических особенностей, и, прежде всего, короткого вегетационного периода, и недостатка эффективных температур, селекция овощных культур ведется в ограниченных масштабах и только в ВИРе. Сотрудниками института за последние годы создано более 50 сортов различных овощных культур, но включены в Госреестр селекционных достижений РФ по Северному (1) и Северо-Западному (2) регионам РФ только 6 сортов: морковь Принцесса (2), Фея (1); свекла Валента (2); кабачок Любимчик (1, 2); томат Цыпа (1).

Реализация потенциала сортов и гибридов в значительной мере зависит от организации семеноводства. Сейчас идет жесткая конкуренция между отечественными селекционно-семеноводческими учреждениями и зарубежными фирмами за сортовой состав не только в овощеводстве, но и других отраслях растениеводства. Например, потребность в семенах овощных и бахчевых культур в России составляет 12-13 тыс. т в год, в т.ч. примерно 4-5 тыс. т завозятся из 140 стран мира 160-ю фирмами. На рынке широко представлены такие зарубежные фирмы, как Bejo Zaden, Enza Zaden, Rijk Zwaan, Syngenta, Nunhems, Vilmorin, De Ruiters Seeds, Moravoseed и др. Семена, ввозимые из-за границы, как правило, очень высокого качества и они с каждым годом занимают все больший удельный вес в общем объеме используемого семенного материала. В последние 2-3 года доля иностранных сортов и гибридов в промышленных посевах овощных культур доходит до 37-50%, а с учетом проблем российского семеноводства появилась угроза потери отечественных сортов. В России семена овощных культур поставляют на рынок и выращивают разные частные селекционные фирмы и организации, созданные преимущественно на базе селекционных учреждений РФ.

Следует отметить, что в СЗФО нет своего семеноводства овощных культур, практически все семена завозные из других регионов и стран. Из-за высокой капиталоемкости семенного бизнеса инвесторы не идут на затраты, направленные на создание и развитие собственной семеноводческой базы. Между тем семеноводство огурца, томата, перца, редиса, моркови, капусты, салата, укропа и других культур возможно в регионе в пленочных теплицах, тем более что подобная практика ранее успешно осуществлялась на базе Ленинградского НИИСХ «Белогорка».

Сложившаяся ситуация на рынке семян овощных культур в СЗФО не является исключением. Аналогичные негативные тенденции характерны в производстве семян картофеля, кормовых, зерновых и других культур.

Ранее в наших работах уделялось особое внимание вопросам комплексного контроля посевных качеств семян и их технологических характеристик, учитывающих целостность внешних и внутренних структур семян и их нарушение при уборке, сушке и послеуборочной подработке перед закладкой на хранение. Так, в результате проведенных исследований установлено, что цифровое отображение рентгенобразов индивидуальных семян при их компьютерной обработке позволяет извлечь количественную и качественную информацию о структурной целостности семени и перейти от интуитивно-эмпирического анализа изображения к объективно измеренному [12, 13].

Разработанные нами алгоритмы автоматизированной обработки скрытых дефектов нацелены на усовершенствование принципов сепарации не травмированных семян и отбора производственных партий семян с минимальным уровнем скрытой поврежденности для решения как научных, так и практических задач современного семеноводства.

Установлено также, что на фоне применения оптимальных доз минеральных удобрений использование дополнительных внекорневых подкормок кремнийсодержащими хеллатными микроудобрениями (КХМ) вегетирующих растений, позволяет реализовать стартовый потенциал посева и обеспечивает получение зерна (семенного, продовольственного, фуражного) высоких посевных кондиций [14].

Таким образом, использование в наших экспериментах усовершенствованной рентгенаппаратуры и новых цифровых методов анализа рентгенограмм позволяют осуществлять оперативный контроль скрытой травмированности семян, а также коррекцию агротехнологий для производства хозяйственно-ценного семенного материала с учетом обеспеченности посевов оптимальными дозами минеральных удобрений и их внекорневой подкормки микроэлементами.

**Выводы.** Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что проведенные исследования в области неразрушающего контроля качества и биобезопасности семенного материала позволяют глубже понять природу формирования хозяйственно ценных семян и придать отечественному семеноводству новый вектор развития, а также могут являться

одним из эффективных инновационных путей управления формированием высокопродуктивных посевов в рамках «умного» сельского хозяйства.

Однако следует признать, что существующие в настоящее время нерешенные проблемы в семеноводстве являются сдерживающим фактором в получении отечественной конкурентоспособной растениеводческой продукции, отвечающей требованиям высокого качества и безопасности. Гарантированное производство семян сельскохозяйственных культур в регионе возможно лишь при условии эффективного функционирования всей селекционно-семеноводческой отрасли, основными блоками которой являются селекция (создание сортов и производство оригинальных семян), государственное сортоиспытание, семеноводство (оригинальное, элитное, репродукционное), сортовой и семенной контроль.

При этом необходимо учитывать, что селекционные и агротехнологические резервы роста урожайности сельскохозяйственных культур должны органично дополнять друг друга, но ни в коем случае не противопоставляться. Для реализации высокого генетического потенциала культуры, достигаемого селекционными методами, требуются усовершенствованные прецизионные агротехнологии, и наоборот, самые передовые агротехнологические приемы могут не дать желаемого результата из-за ограниченного генетического потенциала сорта [15].

### Литература

1. **Дзюбенко Н.И.** Вавиловская коллекция мировых генетических ресурсов растений – стратегическая основа органического растениеводства России // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С. 11-16.
2. **Фоменко А.П., Богатырева Е.В., Корельская Л.А., Сафаралиева С.Ф.** Качество объемистых кормов в хозяйствах Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. – 2016. – №1 (21). – С. 50-54.
3. **Лобачева Т.И.** Состояние и направления развития кормовой базы животноводства // Кормопроизводство. – 2017. – №8. – С.3-11.
4. **Йылдырым Е. А., Ильина Л.А., Филиппова В.А.** и др. Изучение распространения микотоксинов в кормах собственной заготовки // Современные проблемы кормопроизводства и кормления: сборник научных трудов СКНИИЖ. – 2016. – Т 5. – №2. – С. 181-185.
5. **Академик Николай Гончаров** о наследии Николая Вавилова и значении биокolleкций для современной науки. – URL: <http://www.sib-science.info/ru/news/kollekciya-za-8-trillionov-dollarov-28032017> (дата обращения: 17.10 2018).
6. **Конарев А.В., Лоскутов И.Г.** Мировой генофонд растений – гарантия получения продуктов здорового питания // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы Международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С. 16-18.
7. **Вишнякова М.А.** Зернобобовые культуры как важнейший и недооцененный фактор здорового питания // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы Международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С 33-35.
8. **Лоскутов И.Г., Блинова Е.В.** Направления селекции зерновых культур для производства функциональных продуктов питания // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы Международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С. 39-40.
9. **Сергеева С.С., Попов В.С.** Использование овсяной муки, как альтернативы пшеничной и ржаной муке, для изготовления безглютеновых мучных изделий // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы Международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С. 62-63.
10. **Зубкович А.А.** Создание сортов ячменя для здорового питания // Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур: материалы Международной конференции FOODLIFE 2018. – СПб, 2018. – С. 35-36.

11. **Фотев Ю.В., Пивоваров В.Ф.,** и др. Концепция создания российской национальной системы функциональных продуктов питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т 22. – №7. – С.776-783. DOI:10.18699/VJ18.421.
12. **Потрахов Н.Н., Белецкий С.Л., Архипов М.В.** Аппаратно-программный комплекс для контроля качества зерна на основе передвижной рентгенодиагностической установки ПРДУ-02 // Таврический Вестник аграрной науки. – 2018. – №4 (16). – С. 152-159. DOI:10.25637/TVAN2018.04.14.
13. **Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Архипов М.В. и др.** Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур // Картофель и овощи. – 2018. – №6. – С. 35-37.
14. **Архипов М.В., Тюкалов Ю.А., Сеницына С.М. и др.** Новые технологии семеноводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №72. – С. 38-42.
15. **Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А.** Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожайности зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – №5. – С. 550-560.

### Literatura

1. **Dzyubenko N.I.** Vavilovskaya kolleksiya mirovyh geneticheskikh resursov rastenij – strategicheskaya osnova organicheskogo rastenievodstva Rossii // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018. – SPb, 2018. – S. 11-16.
2. **Fomenko A.P., Bogatyreva E.V., Korel'skaya L.A., Safaraliev S.F.** Kachestvo ob'emistykh kormov v hozyajstvakh Vologodskoj oblasti // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2016. – №1 (21). – S. 50-54.
3. **Lobacheva T.I.** Sostoyanie i napravleniya razvitiya kormovoj bazy zhivotnovodstva // Kormoproizvodstvo. – 2017. – №8. – S.3-11.
4. **Jyldyrym E. A., P'ina L.A., Filippova V.A. i dr.** Izuchenie rasprostraneniya mikotoksinov v kormah sobstvennoj zagotovki // Sovremennyye problemy kormoproizvodstva i kormleniya: sbornik nauchnykh trudov SKNIIZH. – 2016. – Т 5. – №2. – S. 181-185.
5. **Akademik Nikolaj Goncharov** o nasledii Nikolaya Vavilova i znachenii biokollekcij dlya sovremennoj nauki. – URL: <http://www.sib-science.info/ru/news/kolleksiya-za-8-trillion-dollarov-28032017> (data obraschenia: 17.10 2018).
6. **Konarev A.V., Loskutov I.G.** Mirovoj genofond rastenij – garantiya polucheniya produktov zdravogo pitaniya // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018: – SPb, 2018. – S. 16-18.
7. **Vishnyakova M.A.** Zernobobovyye kul'tury kak vazhnejshij i nedoocenennyj faktor zdravogo pitaniya // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018. – SPb, 2018. – S 33-35.
8. **Loskutov I.G., Blinova E.V.** Napravleniya selekcii zernovykh kul'tur dlya proizvodstva funkcional'nykh produktov pitaniya // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018. – SPb, 2018. – S. 39-40.
9. **Sergeeva S.S., Popov V.S.** Ispol'zovanie ovsyanoj muki, kak al'ternativy pshenichnoj i rzhanoj muke, dlya izgotovleniya bezglyutenovykh muchnykh izdelij // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018. – SPb, 2018. – S. 62-63.
10. **Zubkovich A.A.** Sozdanie sortov yachmenya dlya zdravogo pitaniya // Geneticheskie resursy rastenij i zdravoe pitanie: potencial zernovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoj konferencii FOODLIFE 2018. – SPb, 2018. – S. 35-36.
11. **Fotev YU.V., Pivovarov V.F., i dr.** Koncepciya sozdaniya rossijskoj nacional'noj sistemy funkcional'nykh produktov pitaniya // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. – 2018. – Т 22. – №7. – S.776-783. DOI:10.18699/VJ18.421.
12. **Potrahov N.N., Beleckij S.L., Arhipov M.V.** Apparatno-programmnyj kompleks dlya kontrolya kachestva zerna na osnove peredvizhnoj rentgenodiagnosticheskoy ustanovki PRDU-02 // Tavricheskij Vestnik agrarnoj nauki. – 2018. – №4 (16). – S. 152-159. DOI:10.25637/TVAN2018.04.14.

13. **Musaev F.B., Priyatkin N.S., Arhipov M.V. i dr.** Cifrovaya morfometriya raznokachestvennosti semyan ovoshchnyh kul'tur // Kartofel' i ovoshchi. – 2018. – №6. – S. 35-37.
14. **Arhipov M.V., Tyukalov YU.A., Sinicya S.M. i dr.** Novye tekhnologii semenovodstva: fundamental'nye i prikladnye aspekty // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – №72. – S. 38-42.
15. **Yakushev V.P., Mihajlenko I.M., Dragavcev V.A.** Agrotekhnologicheskie i selekcionnye rezervy povysheniya urozhajnosti zernovyh kul'tur v Rossii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2015. – T. 50. – №5. – S. 550-560.

УДК 633/635

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11039

Доктор с.-х. наук, проф. **Ф.Ф. ГАНУСЕВИЧ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, 210ff@mail.ru)  
Канд. с.-х. наук **Е.А. СТРУЖКОВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, lena290588@mail.ru)

### СООТНОШЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ И КЛИМАТИЧЕСКИ ОБЕСПЕЧЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ

Потенциальные возможности посевов теоретически были обоснованы А.А. Ничипоровичем. По его оценкам, теоретически возможный верхний предел коэффициента использования ( $K_Q$ ) приходящей на посев фотосинтетически активной радиации ( $Q$ ) равен 6-8% (Ничипорович А.А., 1956). Возможные уровни продуктивности посевов были разработаны Тоомингом Х.Г. (1977, 1984), в дальнейшем развиты Бондаренко Н.Ф. и др. [1], представлены в табл.1.

Потенциальная урожайность ( $Y_{ПУ}$ ) – это продуктивность посева, которая теоретически могла бы быть достигнута при соблюдении всех элементов агротехнологии в идеальных почвенных и метеорологических условиях. Лимитирующими факторами для  $Y_{ПУ}$  являются биолого-генетические возможности выращиваемой культуры (сорта) и приход фотосинтетически активной солнечной радиации.

Климатически обеспеченная урожайность ( $Y_{КОУ}$ ) представляет собой продуктивность, которая теоретически могла бы быть достигнута при выполнении всей агротехнологии на идеальной почве при реально складывающихся метеорологических условиях. Уровень  $Y_{КОУ}$  лимитируется тепло- и влагообеспеченностью посева.

Таблица 1. Основные уровни урожайности и формулы их расчёта

Уровни урожайности	Факторы, влияющие на урожайность	Формулы расчёта урожайности
Потенциальная урожайность	Фотосинтетически активная радиация, сорт (климатически обеспеченная урожайность)	$Y_{ПУ} = Q K_Q / 100 \text{ g}$
Климатически обеспеченная урожайность	Метеорологические условия (тепло, влага)	$Y_{КОУ} = 2,2 \cdot ГТП - 1$
Действительно возможная урожайность	Плодородие почвы (коэффициент бонитета, $K_6$ )	$Y_{ДВУ} = K_6 Y_{КОУ}$
Программируемая урожайность	Агротехнология (прибавка урожайности $K_{уд}$ от внесенных удобрений на почвах с соответствующим коэффициентом бонитета)	$Y_{ПРУ} = Y_{ДВУ} + (K_{уд} \cdot Y_{ДВУ})$



**Цель исследования** – разработать формулу расчёта потенциальной продуктивности посевов с учётом климатически обеспеченной продуктивности посевов.

Интенсивное использование земли, климатических ресурсов и продуктивности сортов требует новых представлений, в том числе по установлению количественной взаимосвязи между этими категориями продуктивности.

Поскольку  $Y_{\text{коу}}$ , согласно определению (Тооминг Х.Г., 1977), характеризует продуктивность посева, которая теоретически может быть достигнута при конкретных метеорологических условиях, величина  $Y_{\text{коу}}$  может быть рассчитана на основе общего соотношения вида:

$$Y_{\text{коу}} = K_M \cdot Y_{\text{пу}},$$

где  $K_M$  – коэффициент благоприятствования метеорологических условий, который, как правило, меньше 1.

Лимитирующее влияние климата обычно выступает в форме природного ограничения на ресурсы тепла или влаги (Бондаренко Н.Ф., 1986). В частности, если в рассматриваемом регионе имеет место нехватка воды, то согласно предложению Тооминга Х.Г. (1977) расчёт  $Y_{\text{коу}}$  может быть выполнен по формуле:

$$Y_{\text{коу}} = \frac{E}{E_0} \cdot Y_{\text{пу}} \quad E_0 \geq E,$$

где  $E_0$  – испарение с открытой водной поверхности;

$E$  – испарение (эвапотранспирация) через поверхность почвы и растений.

В данном случае коэффициент  $K_M$  равен отношению  $\frac{E}{E_0}$ .

Учитывая наличие тесной связи между испаряемостью и радиационным балансом, заменяем  $E$  на  $W$  – ресурс продуктивной влаги, а  $E_0$  – на  $\frac{R}{L}$ ,

где  $R$  – радиационный баланс;

$L$  – удельная теплота парообразования = 2,4 Мдж/кг

Получаем:

$$Y_{\text{коу}} = 2,4 \cdot \frac{W}{R} \cdot Y_{\text{пу}}$$

Недостатком данного соотношения является необходимость предварительной оценки величины  $Y_{\text{пу}}$  по формуле:  $Y_{\text{пу}} = Q K_Q / 100 \text{ г}$ , где спорным является значение величины задаваемого потенциального  $K_Q$ , что напрямую влияет на величину  $Y_{\text{коу}}$ . Попытаемся разрешить эту проблему.

**Материалы, методы и объекты исследования:** научные статьи Ничипоровича А.А., 1956; Рябчикова А.М., 1968; Тооминга Х.Г., 1977, 1978, 1984; Бондаренко Н.Ф., 1986; Ганусевича Ф.Ф., 1993 [2,3,4,5]; регрессионный анализ, формулы.

**Результаты исследования:** заменяем  $Y_{\text{пу}}$  за вегетационный период на более стабильное значение ПУ – потенциальная продуктивность за 1 год, для чего используем формулу:

$$Y_{\text{пу}} = \frac{\text{ПУ} \cdot n}{36},$$

где  $n$  – число декад вегетации посева;

36 – число декад в году.

В итоге получаем:

$$Y_{\text{КОУ}} = 2,4 \cdot \frac{W}{R} \cdot \frac{n}{36} \cdot \text{ПУ}$$

Домножим и разделим на 17,5, получим:

$$Y_{\text{КОУ}} = \frac{2,4 \cdot 17,5 \cdot W \cdot n}{R \cdot 36} \cdot \frac{\text{ПУ}}{17,5} = \frac{42 \cdot W \cdot n}{R \cdot 36} \cdot \frac{\text{ПУ}}{17,5}$$

Воспользуемся известным соотношением А.М. Рябчикова (1968) ( $Y_{\text{КОУ}} = 2,2 \cdot \text{ГТП} - 1$ ) и приравняем два выражения для расчёта  $Y_{\text{КОУ}}$ :

$$Y_{\text{КОУ}} = \frac{42 \cdot W \cdot n}{R \cdot 36} \cdot \frac{\text{ПУ}}{17,5} = 2,2 \cdot \text{ГТП} - 1$$

отсюда найдём выражение для  $Y_{\text{ПУ}}$  (ПУ)

$$Y_{\text{ПУ}} = 17,5 \cdot 2,2 - \frac{17,5}{\text{ГТП}} = 38,5 - \frac{17,5}{\text{ГТП}}$$

Задавая значения гидротермического показателя продуктивности (ГТП) от 1 до 11 баллов (табл.2), рассчитаем  $Y_{\text{КОУ}}$  по  $(2,2 \cdot \text{ГТП} - 1)$  и  $Y_{\text{ПУ}}$  по  $(38,5 - \frac{17,5}{\text{ГТП}})$ .

Таблица 2. Значения климатически обеспеченной и потенциальной продуктивности сухой биомассы в зависимости от ГТП, т/га

ГТП, баллы	$Y_{\text{КОУ}}$ по $(2,2 \cdot \text{ГТП} - 1)$	$Y_{\text{ПУ}}$ по $(38,5 - \frac{17,5}{\text{ГТП}})$
1	1,2	21,0
2	3,4	29,7
3	5,6	32,7
4	7,8	34,1
5	10,0	35,0
6	12,2	35,6
7	14,4	36,0
8	16,6	36,3
9	18,8	36,5
10	21,0	36,7
11	23,2	36,9

Произведя исследование функций, описывающих соотношение потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности, подбираем функции с приемлемыми ошибками аппроксимации (табл.3).

Таблица 3. Виды функций и ошибки аппроксимации

Вид функции	Формула	Ошибка аппроксимации
Степенная	$Y_{\text{ПУ}} = 22,57 * Y_{\text{КОУ}}^{0,17}$	4,5%
Логарифмическая	$Y_{\text{ПУ}} = 5,06 \ln Y_{\text{КОУ}} + 22,37$	3,4%
Гиперболическая	$Y_{\text{ПУ}} = 37,2 - \frac{20,2}{Y_{\text{КОУ}}}$	1,7%

Выбираем гиперболическую функцию (рис.), с минимальной ошибкой аппроксимации 1,7%.

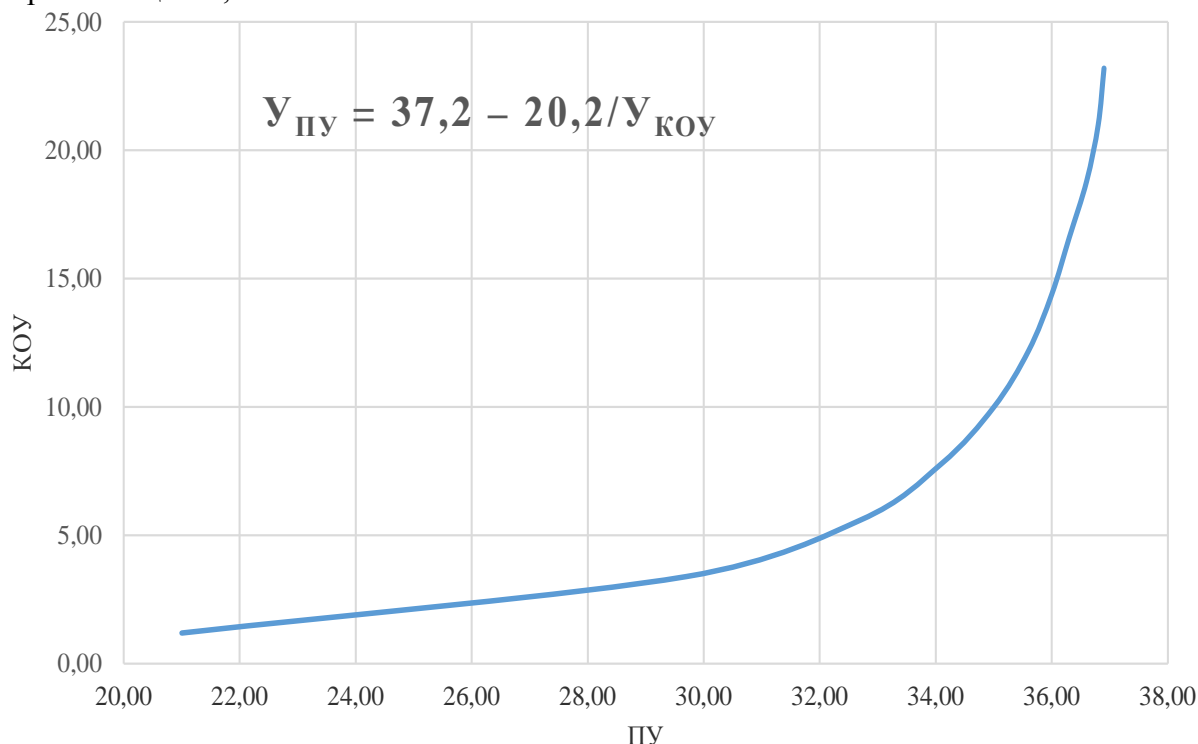


Рис. Соотношение потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности сухой биомассы, т/га

Таким образом, на основе проведённых расчётов соотношение потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности посевов может быть описано универсальной эмпирической формулой, по которой можно рассчитать потенциальную продуктивность, зная климатически обеспеченную продуктивность (табл.4).

Таблица 4. Основные уровни урожайности и формулы их расчёта

Уровни урожайности	Факторы, влияющие на урожайность	Формулы расчёта урожайности
Потенциальная урожайность	Фотосинтетически активная радиация, сорт (климатически обеспеченная урожайность)	$U_{пу} = 37,2 - \frac{20,2}{U_{коу}}$
Климатически обеспеченная урожайность	Метеорологические условия (тепло, влага)	$U_{коу} = 2,2 \cdot ГТП - 1$
Действительно возможная урожайность	Плодородие почвы (коэффициент бонитета, $K_6$ )	$U_{дву} = K_6 \cdot U_{коу}$
Программируемая урожайность	Агротехнология (прибавка урожайности $K_{уд}$ от внесенных удобрений на почвах с соответствующим коэффициентом бонитета)	$U_{пру} = U_{дву} + (K_{уд} \cdot U_{дву})$

По нашим оценкам, в условиях Северо-Запада Нечернозёмной зоны климатически обеспеченный  $K_Q$  приходящей солнечной радиации на посевы свёклы кормовой за период с суммой температур выше  $10^0C$  составляет 2,0 – 2,5% (Ганусевич Ф.Ф.,1993) [2], а теоретически возможный  $K_Q$  посевов свёклы кормовой составляет 6,0 – 7,4% (табл.5), что подтверждает теоретическое обоснование продуктивности Ничипоровича А.А. о потенциальных возможностях посевов.

Таблица 5. Климатически обеспеченный и теоретически возможный  $K_Q$  посевов свёклы кормовой

Северо-Запад Нечерноземной зоны РФ	$U_{\text{коу}}$ , т/га	$K_Q$ коу, %	$U_{\text{пу}}$ , т/га	$K_Q$ пу, %
Северный район (области: Архангельская, Вологодская; республики: Карелия, Коми)	11,0	2,3	35,4	7,4
Северо-Западный район (области: Ленинградская, Новгородская, Псковская)	13,7	2,3	35,7	6,0

Таким образом, теоретически возможный  $K_Q$  приходящей солнечной радиации на посевы свёклы кормовой составляет 6,0 – 7,4%, по Ничипоровичу А.А. – 6,0-8,0%.

**Выводы.** В данной статье предложена универсальная эмпирическая зависимость между потенциальной и климатически обеспеченной продуктивностью посевов  $U_{\text{пу}} = 37,2 - \frac{20,2}{U_{\text{коу}}}$ ; приведены возможные коэффициенты использования приходящей солнечной радиации на посевы свёклы кормовой – 6,0-7,4%.

### Литература

1. **Бондаренко Н.Ф. и др.** Высокие урожаи по программе. – Л: Лениздат, 1986. – С.143.
2. **Ганусевич Ф.Ф.** Определение урожайности кормовых корнеплодов по обобщенным агроклиматическим показателям // Программированное возделывание кормовых корнеплодов на Северо-Западе Нечерноземной зоны: сб. науч. тр. – СПб, 1993. – С.4-23.
3. **Тоомиг Х.Г.** Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 199 с.
4. **Тоомиг Х.Г.** На какой уровень урожая ориентироваться при программировании урожая / В кн.: Научные основы программирования урожая сельскохозяйственных культур. – М., 1978. – С.10-17.
5. **Тоомиг Х.Г.** Метод эталонных урожаев // Вестник с.-х. науки. – 1982. – №3. – С.89-93.

### Literatura

1. **Bondarenko N.F. i dr.** Vyisokie urozhai po programme. – L: Lenizdat, 1986. – s.143.
2. **Ganusevich F.F.** Opredelenie urozhaynosti kormovyih korneplodov po obobschennyim agroklimaticheskim pokazatelyam // V sb.: Programmirovannoe vozdeleyivanie kormovyih korneplodov na Severo-Zapade Nechernozemnoy zonyi: sb. naysh. tr. – SPb, 1993. – S.4-23.
3. **Tooming H.G.** Solnechnaya radiatsiya i formirovanie urozhaya. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 199 s.
4. **Tooming H.G.** Na kakoy uroven urozhaya orientirovatsya pri programmirovanii urozhaev / V kn.: Nauchnyie osnovyi programmirovaniya urozhaev selskohozyaystvennyih kultur. – M., 1978. – S.10-17.
5. **Tooming H.G.** Metod etalonnnyih urozhaev // Vestnik s.-h. nauki. – 1982. – №3. – S.89-93.

УДК- 631.811:631.559:633/635

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11044

Доктор с.-х. наук, проф. **А.И. ОСИПОВ**  
(ФГБНУ АФИ, aosipov2006@mail.ru)  
Соискатель **Е.С. ШКРАБАК**  
(ФГБНУ АФИ, e.shkrabak@sevzapagro.ru)

## РОЛЬ НЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Многолетний научный опыт и практика земледелия свидетельствуют о том, что получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур связано не только с селекцией растений, созданием и внедрением в сельскохозяйственное производство новых высокопродуктивных сортов, но и эффективным применением минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, современных стимуляторов роста, новых перспективных микробиологических препаратов. Наряду с макроэлементами для оптимизации пищевого режима растений необходимы и микроэлементы, которые повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям произрастания, болезням и вредителям. Однако высокая стоимость данного вида удобрений вызывает необходимость разработки рациональных способов их применения. Поэтому в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется некорневому подкормкам, которые чаще всего используются для корректировки их основного почвенного питания, если в этом возникает необходимость. Элементы питания при этом попадают непосредственно в ткани органа, который использует их для синтеза веществ, необходимых для жизнедеятельности растений. Опрыскивания листовой поверхности микроэlementными удобрениями позволяет преодолеть такие отрицательные почвенные факторы, как выщелачивание элементов питания, перевод их в труднодоступные для растений формы, антагонизм ионов, гетерогенность почв из-за недостаточной активности корневых систем вследствие низких или высоких температур почвы, недостатка кислорода, при переувлажнении или засухе [1,2,3,4].

В последнее время большое внимание уделяется разработке перспективных хелатных микроудобрений, которые практически не токсичны, хорошо растворимы в воде. Они не меняют свои свойства в широком диапазоне кислотности, хорошо адсорбируются на поверхности листьев и в почве, длительное время остаются доступными для растений, не разрушаются микроорганизмами, практически не закрепляются в почвенном поглощающем комплексе (ППК) и хорошо сочетаются с различными пестицидами. Микроэлементы, наряду с биологическими молекулярными системами, обеспечивают важнейшие обменные процессы внутриклеточного метаболизма. Без них не образуются ферменты, невозможен фотосинтез, образование сахаристых и белковых веществ. Улучшение обеспеченности растений элементами питания с учетом дефицитности микроэлементов позволяет существенно сократить применение протравителей и других ядохимикатов [5,6,7]. Некорневые обработки вегетирующих растений хелатными микроэlementными препаратами весьма актуальны *при* дифференцированном применении удобрений с учетом пестроты почвенного плодородия и строго в соответствии со специфическими особенностями каждой культуры в потребности питательных веществах на разных стадиях роста и развития [8,9].

В 2005 году сотрудники завода «Оргполимерсинтез» Санкт-Петербурга разработали серию новых, физиологически сбалансированных полимерно-хелатных микроудобрений Аквадон-Микро с широким набором различных микроэлементов. В 2006 году компания ООО «СевЗапАгро» заключила эксклюзивный дистрибьюторский договор с заводом-разработчиком по продвижению данных удобрений на рынок Российской Федерации.

**Цель исследований** заключалась в изучении эффективности новых полимерно-хелатных микроудобрений при возделывании широкого набора сельскохозяйственных культур в различных природно-климатических зонах России. Кроме того, необходимо усовершенствовать способ некорневой подкормки растений с целью более эффективного

распыления питательных растворов и их прилипаемости на листовой поверхности, изучить влияние новых полимерно-хелатных удобрений Аквадон-Микро на урожайность и качество возделываемых культур, определить оптимальные дозы, сроки и способы эффективного их применения, а также изучить экономическую эффективность комплекса агроприемов, связанных с предпосевной обработкой семян и опрыскивания растений в период их вегетации.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Удобрение Аквадон-Микро представляет собой полимерно-хелатный комплекс микроэлементов на основе высокомолекулярных поверхностно-активных веществ (ПАВ) и состоит из 10 марок, содержащих в различных комбинациях микроэлементы: железо, молибден, бор, кобальт, медь, цинк и марганец, а также мезоэлементы серу и магний (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав удобрения Аквадон-Микро

Марка «Аквадон-Микро»	Микроэлементы, мг/л							Мезоэлементы, г/л	
	Fe	Mo	B	Co	Cu	Zn	Mn	Mg	S
Универ-сальный	850-1150	18-22	190-230	8-12	85-115	85-115	850-1150	15,3	22,5
Для овощных культур	1200-1600	18-22	1200-1600	8-12	85-115	85-115	1250-1550	15,3	23,0
Для свеклы	1800-2200	3000-4000	7000-9000	—	—	2500-3500	5000-7000	—	4,6
Для зерновых культур	—	450-550	1800-2200	—	1800-2200	1800-2200	4500-5500	—	4,0
Для многолетних трав	—	1250-1450	1400-1700	820-920	85-115	—	2000-2400	—	1,8
Для бобовых культур	1000-1250	170-210	1300-1600	250-350	—	3300-4300	1000-1250	—	1,6
Для плодово-ягодных культур	2100-2500	350-450	1800-2200	—	—	950-1250	950-1250	—	2,0
Для технических культур	1700-2100	450-550	1200-1600	—	800-1100	3300-4300	3300-4300	—	4,0
Для риса	1300-1600	350-450	1800-2200	200-300	170-220	3000-4000	3500-4500	—	3,4
Для рапса	—	450-550	1600-1800	—	290-360	1400-1700	—	—	20,0

Оно сертифицировано и включено в каталог разрешенных пестицидов и агрохимикатов на территории РФ с 2009 года. Данное удобрение представляет собой водно-полимерный высокомолекулярный комплекс длинных углеводородных цепочек с закрепленными на них микро- и мезоэлементами. Его главные отличия от других удобрений заключаются в том, что микроэлементы находятся в полимерно-хелатной форме в составе полимерной матрицы, повышающей эффективность, как действующих веществ удобрения, так и компонентов баковой смеси. Его хелатная форма обеспечивает защиту микроэлементов от негативного воздействия влаги, кислорода воздуха и солнечного излучения, сохраняя одновременно их доступность для растений в неизменной форме. Кроме того, полимерная матрица, обладая свойствами поверхностно-активного вещества, сорбируется необратимо на поверхности листа в виде мономолекулярного слоя, что позволяет микроэлементам удерживаться на листьях, корневых волосках и частицах почвы, оказывая пролонгированное воздействие на вегетирующие растения в различные периоды вегетации. С 2006 по 2017 годы в микрополевых, полевых и производственных опытах по

общепринятым методикам изучали эффективность разных марок полимерно-хелатного микроудобрения Аквадон-Микро на овощных, плодовых, озимых и яровых зерновых культурах, а также картофеле в различных природно-климатических зонах России и Республики Беларусь.

**Результаты исследований.** Усовершенствован способ листовой подкормки сельскохозяйственных культур, включающий опрыскивание вегетирующих растений с начальным дроблением струи раствора микроэлементных удобрений потоком воздуха и последующим электростатическим зарядом капель в коронирующем электростатическом поле. Инъектируемая струя воздуха оказывает механическое воздействие на движущуюся от насоса опрыскивателя жидкость, разрушается, вызывая турбулентное перемешивание воздуха в растворе Аквадон-Микро. При выходе из распылителя жидкостно-воздушной смеси воздух интенсивно дробит струю жидкости, улучшая плотность покрытия опрыскиваемых растений, снижая полидисперсность распыляемых капель. Использование при распылении жидкостно-воздушной смеси Аквадон-Микро позволило получить средне- и мелкокапельное покрытие обрабатываемых растений при рабочих давлениях в 1,5-2,0 раза ниже по сравнению с применением традиционного способа опрыскивания. Данный прием увеличивает площадь обрабатываемой поверхности сельскохозяйственных культур растворами микроэлементных удобрений, повышает прилипаемость и проникновение данных питательных веществ в растения. Предлагаемый способ не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду. Получен патент на его использование.

Таблица 2. Влияние возрастающих доз Аквадон-Микро на урожайность сельскохозяйственных культур

Культуры		Варианты опыта			
		Контроль (фон- N <sub>28,8</sub> P <sub>36</sub> K <sub>36</sub> , локально)	Фон + Аквадон- Микро 1,5 л/га	Фон + Аквадон- Микро 3,0 л/га	Фон + Аквадон- Микро 4,5 л/га
Урожайность ячменя, ц/га		29,8	31,0	36,8	38,5
прибавка	ц/га	0	1,2	7,0	8,7
	%	0	4,0	23,5	29,2
НСР <sub>05</sub> 3,04					
Урожайность картофеля, ц/га		183,8	203,5	201,0	189,0
прибавка	ц/га	0	19,7	17,2	5,2
	%	0	10,7	9,4	2,8
НСР <sub>05</sub> 13,42					
Урожайность моркови, ц/га		537,2	625,0	666,0	580,5
прибавка	ц/га	0	87,8	128,8	43,3
	%	0	16,3	24,0	8,1
НСР <sub>05</sub> 36,47					
Урожайность капусты, ц/га		609,2	706,0	803,2	755,2
прибавка	ц/га	0	96,8	194,0	146,0
	%	0	15,9	31,8	24,0
НСР <sub>05</sub> 60,24					
Урожайность свеклы, ц/га		508,0	615,8	713,0	651,0
прибавка	ц/га	0	107,8	205,0	143,0
	%	0	21,2	40,4	28,1
НСР <sub>05</sub> 103,32					

В табл. 2 представлены данные по влиянию двукратной внекорневой обработки возрастающими дозами Аквадон-Микро вегетирующих растений ячменя, картофеля и овощных культур. Исследования показали, что с увеличением дозы микроэлементного препарата урожайность зерна ячменя повышается с 29,8 ц/га на контроле до 38,5 ц/га в варианте с максимальной дозой Аквадон-Микро. Однако наиболее достоверная прибавка зерна ячменя была получена на варианте со средней дозой Аквадон-Микро – 3,0 л/га и составила 7,0 ц/га, или 23,5%. Прибавка урожайности зерна при дальнейшем увеличении дозы изучаемого микроудобрения была не достоверной. В опытах с картофелем наибольшая прибавка урожайности клубней составила 19,7 ц/га (10,7%) при применении полимерно-хелатного микроудобрения Аквадон-Микро в минимальной дозе 1,5 л/га. Повышение дозы микроэлементного удобрения до 3,0 л/га незначительно уменьшила массу клубней с 203,5 до 201,0 ц/га, но данное снижение было не достоверно (табл. 2). В опытах с овощными культурами наиболее эффективной оказалась средняя доза хелатного микроудобрения – 3,0 л/га. Как видно из табл. 2, урожайность корнеплодов моркови увеличилась на 128,8 ц/га по сравнению с контролем, или 24,0%, у капусты белокочанной – на 194,0 ц/га (31,8%), а у свеклы столовой – на 205,0 ц/га (40,4%). В опыте двойная обработка вегетирующих растений высокой дозой изучаемого удобрения достоверно снижает урожайность корнеплодов моркови, однако на картофеле, капусте белокочанной и столовой свекле можно говорить только о тенденции ее снижения.

Проведенные исследования показали, что некорневые обработки возделываемых культур не только увеличивают урожайность, но и повышают некоторые качественные показатели их по сравнению с фоновым вариантом. Так, количество сухого вещества в клубнях картофеля увеличилось на 2,4-5,0%, крахмала – на 0,7-3,5%. Содержание сахара и каротина в корнеплодах моркови на всех вариантах опыта было выше контроля. Причем самый высокий показатель сахаров выявлен на средней и высокой дозе Аквадон-Микро (6,7% и 7,3%), а большее содержание каротина (65 мг/кг) отмечено на малой дозе удобрения. На капусте белокочанной применение микроудобрений способствовало снижению нитратов по сравнению с контролем. Содержание витамина С было выше на вариантах с Аквадон-Микро в дозах 3,0 и 4,5 л/га, соответственно 32,12 и 33,00 мг %. На этих же вариантах увеличилась сахаристость в изучаемой культуре относительно контроля – с 1,8 до 3,4%. В корнеплодах столовой свеклы показатели сахара имеют тенденцию к увеличению по сравнению с контрольным вариантом – с 5,4 до 6,4 и 8,0%, а сухое вещество несколько снижается – с 14 до 11%.

Таблица 3. Роль некорневых обработок в повышении эффективности минеральных удобрений

Культуры	Варианты опыта			
	полная доза NPK-контроль	полная доза NPK + 5 л/га Аквадон-Микро	2/3 от полной дозы NPK + 5 л/га Аквадон-Микро	1/2 от полной дозы NPK + 5 л/га Аквадон-Микро
Урожайность ячменя, ц/га	34,4	35,8	34,7	34,5
прибавка	ц/га	0	1,4	0,3
	%	0	4,1	0,9
НСР <sub>05</sub> 0,61				
Урожайность картофеля, ц/га	461,0	491,0	504,0	469,0
прибавка	ц/га	0	30,0	43,0
	%	0	5,6	9,3
НСР <sub>05</sub> 7,82				
Урожайность свеклы, ц/га	185,0	190,0	194,0	187,3
прибавка	ц/га	0	5,0	9,0
	%	0	2,7	4,9
НСР <sub>05</sub> 4,83				



В последующих опытах мы изучали эффективность некорневых обработок Аквадон-Микро при снижении фоновых доз минеральных удобрений. Схема опытов представлена в табл. 3. Использовали аммофоску универсал в соотношении N:P:K как 12:15:15. Под ячмень полную дозу данного удобрения в количестве 4 ц/га вносили локально совместно с посевом. Под картофель 6 ц/га в один прием весной под вспашку, а под свеклу 3 ц/га локально перед посевом. Некорневые подкормки ячменя Аквадон-Микро в дозе по 5 л/га применяли дважды: в фазу кущения и выхода в трубку. Предшественником был картофель. Как видно из полученных экспериментальных данных (табл.3), изучаемое нами микроудобрение Аквадон-Микро на фоне полной дозы NPK дало достоверную прибавку урожая 1,4 ц/га (4%). Следует отметить, что в вариантах с 0,75 и 0,50 дозами NPK урожайность зерна ячменя была на уровне полной дозы минеральных удобрений. В опыте с картофелем некорневые подкормки аналогичной дозой проводили по всходам (высота растений 10-15 см) и в фазу начала цветения. Исследования показали, что двукратная обработка на фоне полной дозы азофоски увеличила урожайность клубней картофеля на 30 ц/га, или на 5,6% по сравнению с контролем. Наибольшая прибавка урожая 43 ц/га, или 9,3% была получена на варианте, где полная доза азофоски была уменьшена на третью часть. Снижение полной дозы азофоски наполовину не позволило сохранить урожайность картофеля на таком высоком уровне, в результате чего на данном варианте он составил 469 ц/га, что на 8 ц/га, или 1,7% выше контрольного варианта (табл. 3). Двукратная некорневая обработка свеклы Аквадон-Микро в изучаемой дозе (5 л/га) проводилась дважды: в фазу 4-5 настоящих листьев и в фазу формирования корнеплодов. Выявлено, что данная обработка на фоне полной дозы азофоски достоверно увеличила урожайность корнеплодов свеклы на 5,0 ц/га, или на 2,7% по сравнению с контролем. В варианте с 0,75 дозы азофоски урожайность изучаемой культуры увеличилась с 190,0 до 194,0 ц/га, однако она была не достоверной. На половинной дозе азофоски урожай корнеплодов свеклы составил 187,3 ц/га и практически сравнялся с контрольным вариантом, где была внесена полная доза NPK. Таким образом, полученные нами результаты позволяют сделать заключение о том, что двойная некорневая подкормка полимерно-хелатным микроудобрением Аквадон-Микро в дозе 5 л/га посевов возделываемых культур позволяет на 25-50% уменьшить дозу вносимых минеральных удобрений без ущерба на урожай возделываемых культур и уменьшить себестоимость получаемой продукции.

Аналогичные исследования нами были проведены в Республике Беларусь в Институте почвоведения и агрохимии при возделывании различных сельскохозяйственных культур. В опытах для некорневых подкормок использовали полимерно-хелатные микроудобрения Аквадон-Микро и жидкое аммиачное удобрение Аквадон-N. Схема опыта представлена в табл.4.

Как видно из табл. 4, несмотря на высокий фон выращивания изучаемых в опыте культур, двукратная обработка полимерно-хелатными микроудобрениями Аквадон-Микро и жидким аммиачным удобрением Аквадон-N была эффективна во всех вариантах. Урожайность зерна яровой пшеницы повысилась с 59,2 ц/га до 62,4 – 62,7 – 63,5 ц/га в зависимости от вариантов опыта, у ячменя соответственно с 36,8 до 38,6 – 39,2 – 63,5 ц/га, у озимого рапса с 23,9 до 27,2 – 27,7 – 28,1 ц/га, а у сахарной свеклы с 512 до 542 – 549 – 553 ц/га. За исключением ярового ячменя достоверных различий в прибавках урожаев между вариантами опыта не обнаружено. Так, у яровой пшеницы они колебались от 3,2 до 4,3 ц/га, у семян озимого рапса – от 3,3 до 4,2 ц/га, а у сахарной свеклы – от 30,0 до 41,0 ц/га. На посевах ярового ячменя наиболее эффективным было совместное внесение Аквадон-Микро и Аквадон-N в дозах по 1,0 л/га, прибавка урожайности зерна составила 4,4 ц/га.

Двукратная некорневая подкормка Аквадон-Микро в дозе 2,0 л/га обеспечивала прибавку урожая зерна в 1,8 ц/га, а Аквадон-N в той же дозе – 2,4 ц/га (табл. 4). Эффективность двойной некорневой подкормки полимерно-хелатным микроудобрением, изучаемая нами на широком спектре сельскохозяйственных культур, представлена в табл. 5. Данные исследования убедительно показывают высокие прибавки урожая картофеля, яровой и озимой пшеницы, ячменя, подсолнечника, а также сахарной свеклы, которые колеблются в пределах 2,4-42,0 ц/га.

Таблица 4. Влияние Аквадон-Микро и Аквадон-N на продуктивность сельскохозяйственных культур

Культуры		Варианты опыта			
		*Фон	Фон + Аквадон-Микро 2,0 л/га	Фон + Аквадон-Микро 1,0 л/га + Аквадон-N 1,0 л/га	Фон + Аквадон-N 2,0 л/га
Урожайность яровой пшеницы, ц/га		59,2	63,5	62,7	62,4
прибавка	ц/га	0	4,3	3,5	3,2
	%	0	7,3	5,9	5,4
НСР <sub>05</sub> 2,04					
Урожайность ячменя, ц/га		36,8	38,6	41,2	39,2
прибавка	ц/га	0	1,8	4,4	2,4
	%	0	4,9	12,0	6,5
НСР <sub>05</sub> 1,72					
Урожайность семян озимого рапса, ц/га		23,9	28,1	27,2	27,7
прибавка	ц/га	0	4,2	3,3	3,8
	%	0	17,6	13,8	15,9
НСР <sub>05</sub> 1,44					
Урожайность сахарной свеклы, ц/га		512	549	553	542
прибавка	ц/га	0	37	41	30
	%	0	7,2	8,0	5,9
НСР <sub>05</sub> 29,4					

\* Фон у яровой пшеницы - N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>, ячменя - N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>, озимого рапса - N<sub>160</sub>P<sub>104</sub>K<sub>150</sub> и у сахарной свеклы - навоз 80 т/га + N<sub>176</sub>P<sub>65</sub>K<sub>269</sub>

Таблица 5. Влияние Аквадон-Микро на урожайность возделываемых культур

Годы опытов	Культура, сорт	Урожайность ц/га		Прибавка, ц/га	НСР <sub>05</sub>
		фон	Аквадон-Микро		
2007	Картофель «Невский»	461,0	491,0	30,0	7,82
2010	Яровая пшеница «Курская 2038»	16,4	21,2	4,8	1,42
2010	Подсолнечник «Донской – 60»	17,4	28,8	11,4	-
2010	Озимая пшеница «Московская-56»	20,6	27,7	7,1	1,24
2010	Озимая пшеница «Северодвинская юбилейная»	47,9	65,8	17,9	-
2011	Озимая пшеница «Московская-56»	34,5	41,7	7,2	1,45
2011	Сахарная свекла «Спартак»	415,0	457,0	42,0	11,32
2011	Картофель «Крыница»	374,0	402,0	28,0	18,43
2014	Ячмень «Ратник»	37,1	39,5	2,4	0,75

Некорневое питание растений до недавнего времени не считалось обязательным приемом при возделывании сельскохозяйственных культур. Однако в настоящее время актуальность и необходимость его применения в сельскохозяйственном производстве является стандартной технологической процедурой, которая помимо сбалансированного питания растений позволяет сельскохозяйственным товаропроизводителям получать качественную продукцию с наименьшими затратами. Методика экономической оценки эффективности применения удобрений построена на сравнении стоимости прибавки урожайности, полученной от их применения с понесенными затратами на удобрения, расходы по их внесению, затраты труда на получение прибавки, затраты нефтепродуктов, а также затраты на уборку, доработку и реализацию прибавки урожайности.

Таблица 6. Экономическая эффективность применения Аквадон-Микро на картофеле и овощных культурах

Показатели, единицы измерения		Картофель (доза расхода 5 л/га)	Морковь (доза расхода 3 л/га)	Капуста б/к (доза расхода 3 л/га)	Свекла столовая (доза расхода 3л/га)
Урожайность, ц/га	контроль	461,0	537,2	609,2	508
	опыт	504,0	666,0	803,2	713
Прибавка к контролю	ц/га	43,0	128,8	194,0	205
	%	9,3	24	31,8	40,4
Затраты труда на получение прибавки, руб./га		700	350	350	350
Затраты нефтепродуктов, руб./га		71,0	35,5	35,5	35,5
Стоимость удобрений, руб./га		625	375	375	375
Затраты на уборку, доработку, хранение и реализацию прибавки урожайности, тыс. руб./га		30,6	94,7	72,7	118,0
Всего затрат, тыс. руб./га		32,0	95,5	73,5	118,8
Цена реализации продукции, руб./кг		10,0	10,0	5,0	8,0
Стоимость прибавки урожая, тыс. руб./га		43,0	128,8	97,0	164,0
Чистый доход, тыс. руб./га		11,0	33,3	23,5	45,2
Уровень рентабельности, %		34,4	34,9	32,0	38,0

Результаты расчета экономической эффективности по применению полимерно-хелатного микроудобрения Аквадон-Микро под сельскохозяйственные культуры представлены в табл. 6. Как видно из таблицы, рентабельность применения удобрений серии Аквадон-Микро при дозе 5,0 л/га на картофеле составила 34,4%, а чистый доход 11 тыс. рублей с гектара. Уровень рентабельности данного микроудобрения на овощных культурах при дозе 3,0 л/га достиг на моркови 34,9%, столовой свекле – 38,0% и капусте белокочанной – 32,0%, а чистый доход соответственно 33,3 – 23,5 и 45,2 тыс. рублей с гектара (табл.6).

**Выводы.** Разработан новый способ листовой подкормки сельскохозяйственных культур с начальным дроблением струи раствора микроэлементных удобрений потоком воздуха и последующим электростатическим зарядом капель в коронирующем электростатическом поле. Этот прием увеличивает площади обрабатываемой поверхности сельскохозяйственных культур растворами микроэлементных удобрений, повышает прилипаемость и проникновение питательных веществ в растения. Предлагаемый способ не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду. Получен патент на его использование. Применение полимерно-хелатного микроудобрения Аквадон-Микро для некорневых

подкормок яровых и озимых зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах страны существенно повышают их урожайность, качество и устойчивость к болезням.

Некорневые обработки различных сельскохозяйственных культур полимерно-хелатным микроудобрением Аквадон-Микро в возрастающих дозах увеличивают их урожайность по сравнению с фоновым вариантом, причем наибольшая прибавка была получена при средней дозе 3,0 л/га. С повышением дозы микроудобрения до 4,5 л/га эффективность данного приема снижается. Однако следует отметить, что он позволяет повысить эффективность основных минеральных удобрений и без ущерба для урожаев возделываемых культур уменьшить на 25-50% дозы их внесения. В производственных испытаниях использование Аквадон-Микро на зерновых культурах повышало урожай в среднем от 4 до 10 ц/га, или 13,3% – 24,3% по отношению к фоновому варианту. На овощных культурах прибавки урожая составили: на капусте белокочанной 75 – 206 ц/га, или 10 – 32%, на моркови в среднем – 30 – 53 ц/га (6 – 15%), на свекле столовой – 32-94 ц/га (10 – 29%), на картофеле – 23– 94 ц/га (5 – 28%). Рентабельность применения удобрений серии Аквадон-Микро при дозе 5,0 л/га на картофеле составила 34,4%. Уровень рентабельности данного микроудобрения на овощных культурах при дозе 3,0 л/га достиг на моркови 34,9%, столовой свекле – 38,0% и капусте белокочанной – 32,0%, а чистый доход соответственно 33,3 – 23,5 и 45,2 тыс. рублей с гектара.

### Литература

1. **Гуйда А.Н.** Уникальный комплекс внекорневого питания растений // Сахар. – 2008. – № 4. – С. 39-44.
2. **Пироговская Г.В., Лапа В.В., Сороко В.И.** Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры. Рекомендации. – Минск, 2010. – 40 с.
3. **Митрохина О.А.** Некорневые обработки посевов озимой пшеницы микроэлементами в различные фазы развития // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 30-31.
4. **Вильдфлуш И.Р. и др.** Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии. Рекомендации. – Горки: БГСХА, 2015. – 48 с.
5. **Орехова А.Н., Дуденко Н.В.** Влияние Эпина-Экстра на урожай и качество зерна озимой пшеницы в засушливых условиях // Земледелие. – 2014. – №2. – С. 38-40.
6. **Петриченко В.Н., Туркина О.С.** Эффективность применения кремнийорганического препарата Энергия-М с комплексными водорастворимыми удобрениями Акварин и Ратворин на столовых корнеплодах // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 27-30.
7. **Гайсин И.А., Пахомова В.М.** Полифункциональные хелатные микроудобрения. Практика применения и механизм действия. – Казань, 2016. – 316с.
8. **Осипов А.И., Шкрабак Е.С.** Влияние некорневого питания на урожай и качество овощных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – 2 (51). – С.35-41.
9. **Якушев В.П., Осипов А.И., Якушев В.В.** Потенциал развития отрасли растениеводства в РФ с использованием информационных технологий точного земледелия: материалы VI Международного форума «Продовольственная безопасность». – СПб., 2016. – С. 66-73.

### Literatura

1. **Gujda A.N.** Unikal'nyj kompleks vnekornevegogo pitaniya rastenij // Sahar. – 2008. – № 4. – S. 39-44.
2. **Pirogovskaya G.V., Lapa V.V., Soroko V.I.** Primenenie udobrenij zhidkih kompleksnyh s helatnymi formami mikroehlementov pod sel'skohozyajstvennyye kul'tury. Rekomendacii. – Minsk, 2010. – 40 s.
3. **Mitrohina O.A.** Nekornevye obrabotki posevov ozimoy pshenicuy mikroehlementami v razlichnyye fazy razvitiya // Zemledelie. – 2014. – № 5. – S. 30-31.

4. **Vil'dflush I.R. i dr.** Primenenie mikroudobrenij i reguljatorov rosta v intensivnom zemledelii. Rekomendacii. – Gorki: BGSKHA, 2015. – 48 s.
5. **Orekhova A.N., Dudenko N.V.** Vliyanie ENpina-ENkstra na urozhaj i kachestvo zerna ozimoj pshenicy v zasushlivyh usloviyah // Zemledelie. – 2014. – №2. – S. 38-40.
6. **Petrichenko V.N., Turkina O.S.** ENffektivnost' primeneniya kremnijorganicheskogo preparata ENnergiya-M s kompleksnymi vodorastvorimymi udobreniyami Akvarin i Ratvorin na stolovyh korneplodah // Zemledelie. – 2015. – № 5. – S. 27-30.
7. **Gajsin I.A., Pahomova V.M.** Polifunkcional'nye helatnye mikroudobreniya. Praktika primeneniya i mekhanizm dejstviya. – Kazan', 2016. – 316s.
8. **Osipov A.I., SHkrabak E.S.** Vliyanie nekorneвого pitaniya na urozhaj i kachestvo ovoshchnyh kul'tur // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – 2 (51). – S.35-41.
9. **Yakushev V.P., Osipov A.I., Yakushev V.V.** Potencial razvitiya otrasli rastenievodstva v RF s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij tochnogo zemledeliya: materialy VI Mezhdunarodnogo foruma «Prodovol'stvennaya bezopasnost'». – SPb., 2016. – S. 66-73.

УДК 632.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11052

Аспирант **Ю.В. КОСУЛЬНИКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kullavayn@gmail.com)

## ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ РЯДА ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ СОИ И ЛЮПИНА

Важной особенностью бобовых культур является их способность вступать в симбиотические взаимодействия с клубеньковыми бактериями. Такой симбиоз позволяет бобовым растениям усваивать азот воздуха, то есть приобщаться к практически неисчерпаемому источнику этого важнейшего элемента [1]. Трудно переоценить значимость данного процесса с экономической точки зрения, ввиду того, что производство минеральных азотных удобрений является одной из наиболее капиталоемких сфер агропромышленного комплекса. Более того, с точки зрения экологии, биологическая азотфиксация имеет ряд неоспоримых преимуществ над промышленной азотфиксацией. Ввиду своего естественного происхождения биологическая азотфиксация является безотходным и экологически безопасным для окружающей среды процессом [2].

Более широкому сельскохозяйственному использованию биологической азотфиксации в качестве источника азота препятствуют сложности получения эффективного бобово-ризобияльного симбиоза в полевых условиях [3,6]. В частности, для образования на корнях бобовых растений мощной азотфиксирующей симбиотической системы необходима инокуляция семян биопрепаратами клубеньковых бактерий (особенно если бобовая культура высевается на данном поле впервые), что не гарантирует получение активного бобово-ризобияльного симбиоза. Причин, по которым инокуляция не дает ожидаемого результата, может быть сразу несколько, в частности:

1. Инокулянт не соответствует минимальным критериям качества – слишком низкий титр препарата, несоответствие штамма бактерий конкретным почвенно-климатическим условиям и т.д.

2. Истекший срок годности инокулянта.

3. Несоблюдение требований эффективной инокуляции семян, таких как равномерная обработка семян рекомендуемым количеством препарата, соблюдение норм расхода инокулянта, использование прилипателей, своевременный посев инокулированных семян и т.д.

4. Инокуляция совместно с токсичным для ризобий протравителем.

Последнее положение особенно часто является причиной неэффективной инокуляции, ввиду малоизученности вопроса степени совместимости того или иного биопрепарата с тем или иным протравителем семян. Самым простым решением данной проблемы является

разделение во времени (в 5-20 суток) процессов протравливания семян и их инокуляции, но это связано с существенными издержками. Поэтому сама возможность осуществления инокуляции семян одновременно с их протравливанием представляет интерес, так как совмещение данных приемов в одну операцию позволит сэкономить временные и трудовые ресурсы, а также уменьшить потери семян в связи с уменьшением числа обработок [4,5].

**Цель исследования** – определить возможность совместного применения протравителей семян зернобобовых культур с биопрепаратами на основе клубеньковых бактерий сои (*Bradyrhizobium japonicum* *um.* 634б) и люпина (*Bradyrhizobium lupini* *um.* 367a). В задачи исследования входило определение влияния протравителей различных марок (Синклер, Оплот, Триада) и их концентраций в баковом растворе, а также влияния времени выдержки таких растворов (4, 8, 24 часа) на выживаемость ризобий.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В качестве бактериальных суспензий были исследованы препараты ризобий сои (*B. japonicum um.* 634б) и люпина (*B. lupini um.* 367a).

Препараты готовились путем инокуляции изучаемыми штаммами полусинтетической питательной среды (таблица) с последующим ее недельным термостатированием на качалке и месячным выдерживанием в холодильнике.

Таблица 1. Состав полусинтетической питательной среды для получения жидких бактериальных культур ризобий и посевов разведений вариантов баковых растворов на чашки Петри

Компонент среды	Концентрация компонента среды (г/л)
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	0,2
NaCl	0,1
Дрожжевой экстракт	1,0
Маннит	10,0

Были исследованы следующие марки фунгицидов:

СИНКЛЕР, СК, ДВ – флудиоксонил 75 г/л, (АО Фирма “Август”);

ОПЛОТ, ВСК, ДВ – дифеноконазол 90 г/л, тебуконазол 45 г/л, (ЗАО Фирма “Август”);

ТИРАДА, СК, ДВ –тирам 400 г/л, дифеноконазол 30 г/л, (ЗАО “Щелково Агрохим).

Определение токсичности фунгицидов было осуществлено путем приготовления бакового раствора данных протравителей и 20% раствора бактериальной суспензии. Исследовались две концентрации каждого протравителя – рекомендуемые производителем фунгицида и вдвое меньшие: для фунгицидов Синклер и Оплот такие концентрации составили 3% и 6%, для фунгицида Тирада, соответственно, 10% и 20%. Приготовленные растворы затем выдерживались при комнатной температуре без доступа света с периодическим посевом разведений через определённые интервалы времени на чашки Петри с агаризированной питательной средой (таблица). По прошествии восьми дней с момента посева осуществлялся подсчет образовавшихся колониеобразующих единиц (КОЕ) клубеньковых бактерий. Определялась динамика числа жизнеспособных бактериальных клеток в смеси с фунгицидами в условиях бакового раствора и влияние на нее следующих факторов: вид бактерий, марка и концентрация протравителя, прошедшее с момента смешения время. Повторность опыта – четырехкратная.

**Результаты исследования.** Подсчет числа выживших ризобий в различных вариантах баковых растворов с достаточной наглядностью показал негативное влияние протравителей на жизнеспособность клубеньковых бактерий. Если в контрольных вариантах (водный раствор биопрепарата) число колониеобразующих бактерий с течением времени заметно не меняется, то в вариантах с протравителями, за исключением пестицида Синклер, число живых ризобий падает практически до 0 в течение 24 часов, причем не только в рекомендуемых концентрациях протравителей, но также в ½ рекомендуемой концентрации. Вид кривых на графиках позволяет достаточно четко выстроить ряд протравителей в порядке увеличения их

токсичности для ризобий (в рекомендуемых концентрациях): Синклер, Оплот, Тиарада. Но так как токсичности Оплота и Тиарады лежат в достаточно близких интервалах, и учитывая в 3 раза большую рекомендуемую норму Тиарады, можно признать именно пестицид Оплот самым токсичным из исследованных протравителей в пересчете на единицу препарата.

Заметного отличия в устойчивости ризобий сои (рис. 1, 2) и люпина (рис. 3, 4) к различным концентрациям различных протравителей не просматривается, за исключением данных по суточному выдерживанию бактерий в контакте с пестицидом Синклер – ризобии сои показывают себя несколько более устойчивыми.

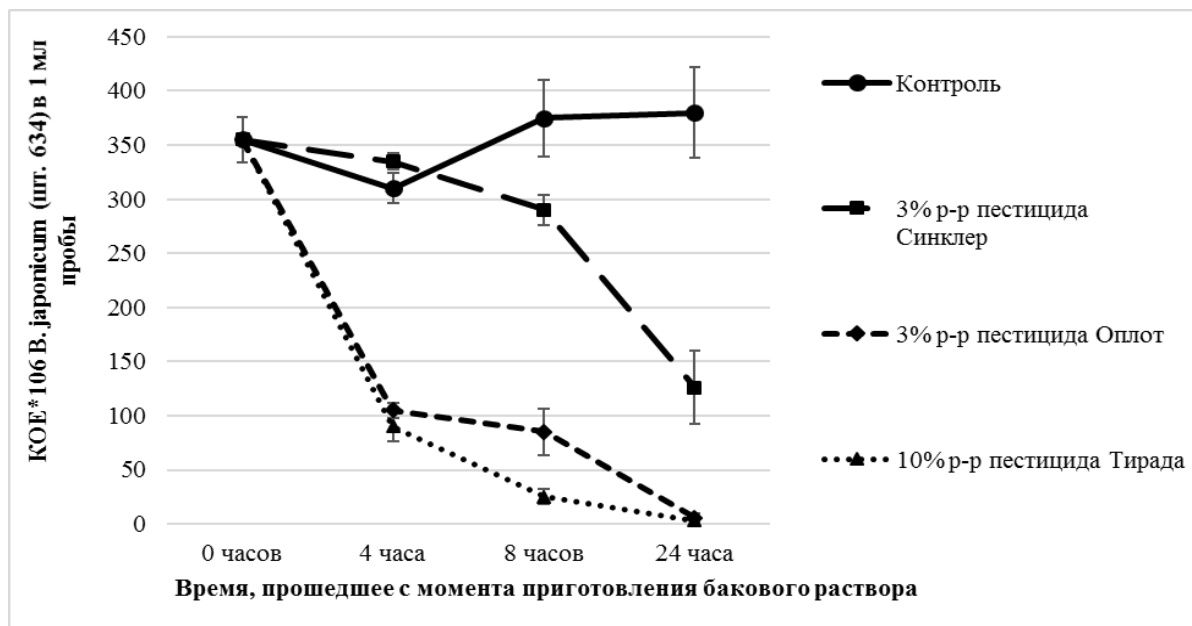


Рис. 1. Динамика сокращения титра ризобий сои в смеси с исследуемыми фунгицидами в 1/2 рекомендуемой производителем концентрации

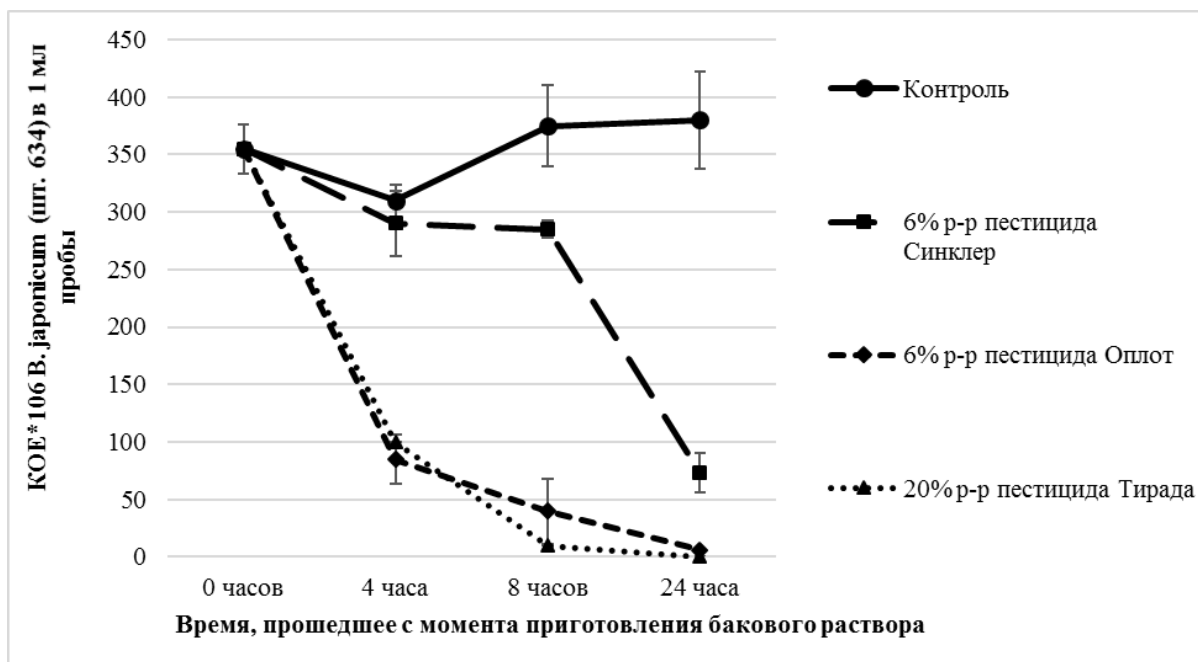


Рис. 2. Динамика сокращения титра ризобий сои в смеси с исследуемыми фунгицидами в рекомендуемой производителем концентрации

В то же время можно утверждать, что различие в токсичности для ризобий различных концентраций одного и того же протравителя имеет значительно меньшее влияние, чем различие в токсичности между марками исследованных протравителей. Так, увеличение концентрации в растворе пестицида Синклер с 3% до 6% лишь в 1,25-2 раза уменьшило

число жизнеспособных ризобий сои и люпина (8 часов после смешивания). В то же время токсичность 3% Синклера и 3% Оплота различалась в 3-4 раза, а 6% Синклера и 6% Оплота уже в 8-10 раз (рис. 1, 2, 3, 4).

Показано, что удвоение концентрации протравителей вызвало заметное снижение числа ризобий в случае фунгицидов Оплот и Тирада лишь на 8 час. а для фунгицида Синклер только через сутки после смешения. В случае обоих концентраций протравителей достаточно наглядна большая токсичность для ризобий сои фунгицидов Оплот и Тирада, по сравнению с фунгицидом Синклер. В то же время число выживших ризобий сои в контакте с обоими концентрациями Синклера за 24 часа сократилось более чем в 2 раза, что однозначно указывает на токсичность протравителя для бактерий. Вероятно, в случае совмещения операций протравливания семян сои фунгицидом Синклер и их инокуляции достаточно лишь соответствующим образом увеличить норму расхода инокулянта, в то время как фунгициды Оплот и Тирада стоит признать непригодными для протравливания совместно с инокуляцией при любых концентрациях фунгицидов и нормах расхода инокулянтов.

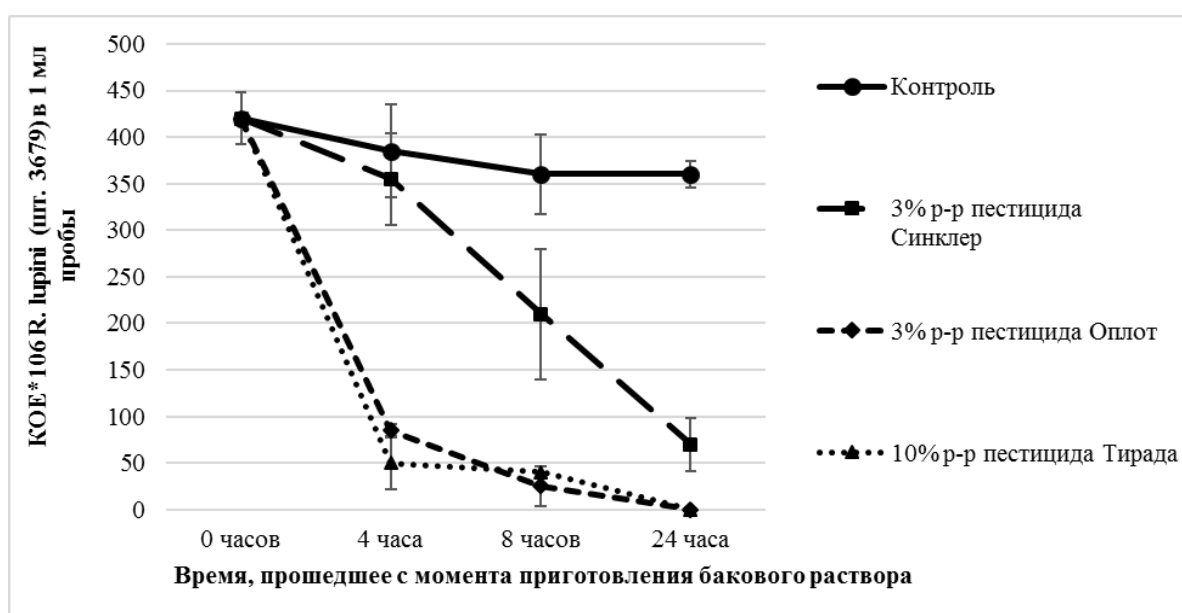


Рис. 3. Динамика сокращения титра ризобий люпина в смеси с исследуемыми фунгицидами в 1/2 рекомендуемой производителем концентрации

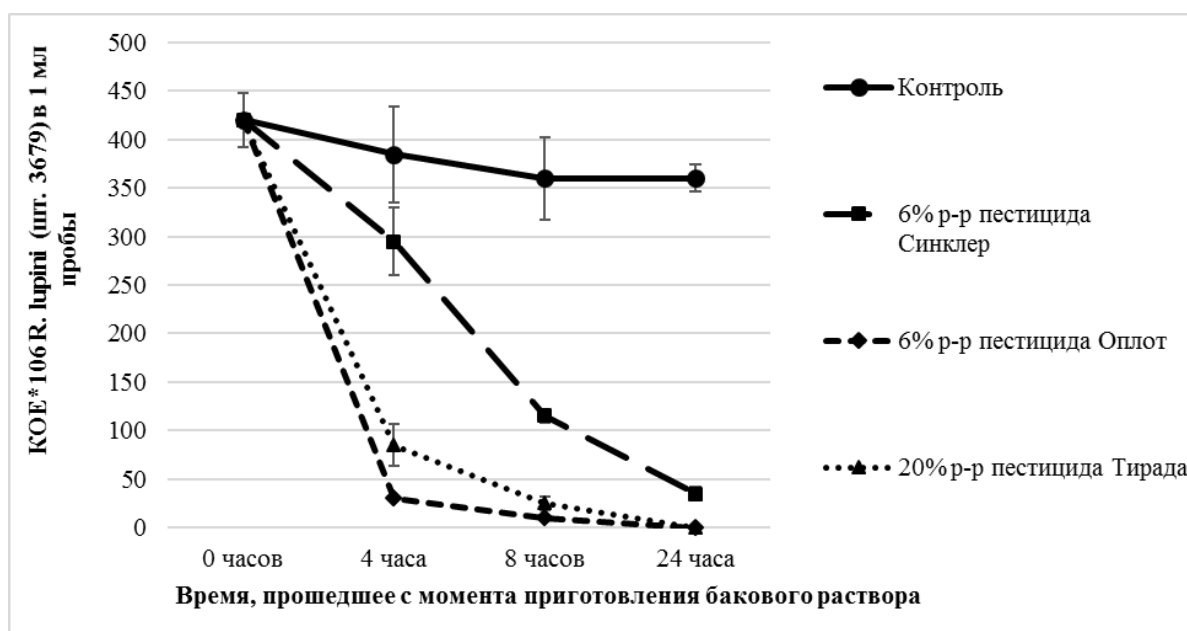


Рис. 4. Динамика сокращения титра ризобий люпина в смеси с исследуемыми фунгицидами в рекомендуемой производителем концентрации



Для ризобий люпина наблюдается похожая закономерность – удвоение концентрации протравителей вызывает заметное уменьшение числа выживших ризобий для фунгицидов Оплот и Тирада на 8 час., а для фунгицида Синклер – лишь через сутки после смешения. Ризобии люпина оказались менее устойчивыми к фунгициду Синклер – через 24 часа контакта рекомендуемой концентрации протравителя с бактериями число последних сократилось на порядок.

**Выводы.** Клубеньковые бактерии сои и люпина практически не отличаются по своей устойчивости к различным концентрациям исследованных пестицидов, за исключением данных по суточной выдержке с пестицидом Синклер – ризобии сои показывают себя несколько более устойчивыми. Сами пестициды можно выстроить в ряд в порядке увеличения их токсичности для ризобий: Синклер, Оплот, Тирада (при рекомендуемых нормах расхода данных пестицидов).

Из изученных протравителей только фунгицид Синклер можно признать относительно совместимым с ризобиями сои и люпина, так как только с ним выживает более половины бактерий сои и значительная доля ризобий люпина при контакте с протравителем в течение 8 часов после приготовления совместного бакового раствора. Вероятно, при этом возможна компенсация гибели бактерий путем простого увеличения нормы расхода инокулянта.

### Литература

1. **Посыпанов Г.С.** Об условиях бобово-ризобияльного симбиоза и его роль в повышении урожайности бобовых культур. – В. 3. – М.: ТСХА, 1972. – 28 с.
2. **Жеруков Б.Х.** Биологический азот в сельском хозяйстве: проблемы, решения и перспективы развития // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2010. – Т.47, №2. – С.43-47.
3. **Кокорина А.Л., Кожемяков А.П.** Бобово-ризобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни: лекция. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2010. – 50 с.
4. **Борзенкова Г.А.** Система рационального применения протравителей и оптимизация их совместного использования с биопрепаратами и ФАВ в защите гороха от болезней в условиях юга Нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 90-98.
5. **Щербина Е.А.** Совмещение нитрагинизации семян гороха с протравливанием ТМТД: сборник научных трудов ВНИИЗБК, 1976. – Т.6. – С. 127-132.
6. **Krapp A.** Plant nitrogen assimilation and its regulation: a complex puzzle with missing pieces // Current Opinion in Plant Biology. 2015. V. 25. P. 115-122. doi:10.1016/j.pbi.2015.05.010.

### Literatura

1. **Posypanov G.S.** Ob usloviyah bobovo-rizobial'nogo simbioza i ego rol' v povyshenii urozhajnosti bobovyh kul'tur. – V. 3. – M.: TSKHA, 1972. – 28 s.
2. **ZHerukov B.H.** Biologicheskij azot v sel'skom hozyajstve: problemy, resheniya i perspektivy razvitiya // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – T.47, №2. – S.43-47.
3. **Kokorina A.L., Kozhemyakov A.P.** Bobovo-rizobial'nyj simbioz i primenenie mikrobiologicheskikh preparatov kompleksnogo dejstviya – vazhnyj rezerv povysheniya produktivnosti pashni: lekciya. – SPb.: Izd-vo SPbGAU, 2010. – 50 s.
4. **Borzenkova G.A.** Sistema racional'nogo primeneniya protravitelej i optimizaciya ih sovmestonogo ispol'zovaniya s biopreparatami i FAV v zashchite goroha ot boleznej v usloviyah yuga Nechernozemnoj zony Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2012. – №1. – S. 90-98.
5. **SHCHerbina E.A.** Sovmeshchenie nitraginizacii semyan goroha s protravlivanem TMTD: sbornik nauchnyh trudov VNIIZBK, 1976. – T.6. – S. 127-132.
6. **Krapp A.** Plant nitrogen assimilation and its regulation: a complex puzzle with missing pieces // Current Opinion in Plant Biology. 2015. V. 25. P. 115-122. doi:10.1016/j.pbi.2015.05.010.

УДК 631.11: 579.64: 632.93

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11057

Канд. биол. наук **Л.Е. КОЛЕСНИКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kleon9@yandex.ru)  
Доктор биол. наук **А.А. БЕЛИМОВ**  
(ФГБНУ ВНИИСХМ, belimov@rambler.ru)  
Аспирант **П.М. ДОНЕС**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, dones1993@mail.ru)

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ АССОЦИАТИВНЫХ РИЗОБАКТЕРИЙ В ПОСЕВАХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

В современных условиях большое внимание уделяется использованию в растениеводстве ростостимулирующих ризобактерий (plant growth promoting rhizobacteria – PGPR). Однако эффективность их применения сильно варьирует в различных агроэкологических зонах страны [1]. При этом механизмы взаимодействия компонентов растительно-микробных систем, условия реализации ростостимулирующего потенциала ризобактерий и критерии отбора наиболее эффективных ассоциативных штаммов во многом еще требуют фундаментального изучения [2]. Максимальный эффект от применения ассоциативных бактерий возможно получить на основе тщательного выявления тех штаммов, которые в большей степени соответствуют биологическим свойствам исследуемых видов и сортов растений [3,4].

**Цель исследования** – определение биологической эффективности применения новых штаммов *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и *Sphingomonas* sp. K1B для повышения продуктивности и снижения заболеваемости мягкой пшеницы.

Новизна исследования – впервые изучено комплексное влияние новых штаммов ассоциативных ризобактерий *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и *Sphingomonas* sp. K1B на формирование морфологических признаков, повышение урожайности зерна и устойчивость пшеницы к болезням.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Растительным материалом исследования послужили сорта яровой мягкой пшеницы: Trizo (к-64981) и Сударыня (к-66407), предоставленные отделом генетических ресурсов пшениц ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР). Место проведения работы – лаборатория ризосферной микрофлоры ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ВНИИСХМ), кафедра защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Экспериментальные исследования были выполнены в полевых условиях 2017 г. и 2018 г. на опытном поле Пушкинских лабораторий ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». Схема опыта включала четыре варианта – инокуляция семян и профилактическое опрыскивание растений штаммом: 1) *Bacillus subtilis* 124-11, 2) *Sphingomonas* sp. K1B, 3) *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 и 4) контрольный вариант, без обработки. Штаммы ассоциативных ризобактерий получены в ФГБНУ ВНИИСХМ и депонированы в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения (ВКСМ, Санкт-Петербург). Профилактическое опрыскивание растений заранее приготовленными суспензиями бактерий ( $10^9$  кл/мл) осуществляли в двукратной повторности: 9 и 23 июля 2017 г. и 2018 г.

Продуктивность пшеницы изучена в фазы колошения-цветения и созревания (во время уборки, осенью) по комплексу показателей, характеризующих морфологические признаки растений и структуру урожайности двух сортов пшеницы: Trizo и Сударыня.

Оценку степени поражения растений возбудителями корневой гнили, мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины, септориоза осуществляли как по общепринятому фитопатологическому показателю – условной интенсивности развития болезни, так и с использованием дополнительных параметров. Статистический анализ данных осуществляли с использованием пакетов прикладных программ SPSS 21.0 и Statistica 6.0.

Более подробно материалы, методы и объекты исследования изложены в работе [5].

**Результаты исследования.** В 2018 г. наиболее выраженное влияние на продуктивность было установлено при обработке пшеницы сорта Сударыня штаммом *Sphingomonas* sp. K1B. Выявлен статистически достоверный рост значений 47% показателей продуктивности пшеницы по сравнению с контролем (по критерию Стьюдента,  $P < 0,05$ ): число корней увеличилось на 24%, длина корней – на 20%, длина узловых корней – на 40%, масса корней – на 65%, общая кустистость – на 61%, длина колоса – на 18%, число колосков в колосе – на 20%, масса 1000 зерен – на 22%, масса колоса с зернами – на 38%. Отмечено увеличение значений 26% показателей по сравнению с контролем при обработке растений штаммами *Pseudomonas fluorescens* SPB2137: длина узловых корней выросла на 18%, длина колоса – на 24%, число колосков в колосе – на 23%, масса 1000 зерен – на 12%, масса колоса с зернами – на 37% и *Bacillus subtilis* 124-11: общая кустистость – на 37%, длина колоса – на 12%, число колосков в колосе – на 11%, масса 1000 зерен – на 16%, масса колоса с зернами – на 21% соответственно.

В 2018 г. при обработке пшеницы сорта Trizo штамм *Sphingomonas* sp. K1B оказал статистически достоверное влияние ( $P < 0,05$ ) на рост значений 26% показателей продуктивности по сравнению с контролем: полевая всхожесть увеличилась на 8%, длина узловых корней – на 19%, продуктивная кустистость – на 19%, площадь предфлагового листа – на 26%, масса 1000 зерен – на 21%.

В варианте опыта с использованием штамма *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 отмечено увеличение значений 21% показателей: скорость развития растений по фазам онтогенеза выросла на 16%, высота растений – на 28%, площадь флагового листа – на 39%, площадь предфлагового листа – на 31%. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 вызывал статистически достоверное увеличение (по сравнению с контролем) только одного показателя – общей кустистости (на 25%).

Ниже представлены результаты сопоставления данных по биологической эффективности исследуемых штаммов ассоциативных ризобактерий в отношении продуктивности пшеницы по годам исследования.

Таблица 1. Биологическая эффективность штамма *Bacillus subtilis* 124-11 в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	<b>-21,0*</b>	-6,9	<b>40,0</b>	-5,1
Высота растения	<b>-40,2</b>	-7,0	<b>83,5</b>	-6,2
Число корней	33,3	13,5	24,4	11,8
Длина корней	<b>-28,5</b>	6,5	13,9	0,8
Число узловых корней	13,1	-7,2	<b>122,7</b>	20,9
Длина узловых корней	<b>-22,7</b>	14,4	<b>68,8</b>	6,0
Продуктивная кустистость	-2,0	0,0	<b>236,0</b>	-3,2
Общая кустистость	86,5	<b>25,8</b>	295,3	<b>37,1</b>
Площадь флагового листа	<b>57,5</b>	10,2	6,0	-0,4
Площадь предфлагового листа	<b>61,0</b>	14,4	9,5	2,9
Масса корней	128,6	34,3	<b>300,0</b>	40,1
Масса вегетативной части	-1,3	1,9	<b>102,2</b>	34,3
Число зерен в колосе	0,4	<b>-11,3</b>	4,5	<b>12,3</b>
Число колосков в колосе	<b>-3,9</b>	<b>-12,4</b>	<b>5,7</b>	<b>11,2</b>
Число зерен в колосе	<b>21,8</b>	-13,8	4,7	-8,7
Масса 1000 зерен	-29,8	-3,3	<b>99,8</b>	6,7
Масса колоса с зернами	-4,4	-17,3	<b>20,7</b>	<b>16,0</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

При обработке пшеницы сорта Trizo штаммом *Bacillus subtilis* 124-11 в 2017 г. и 2018 г. (табл. 1) выявлено однонаправленное увеличение по сравнению с контролем значений 28% показателей продуктивности пшеницы: число корней (главный зародышевый корень, зародышевые и колеоптильные корни); общая кустистость; площадь флагового листа; площадь предфлагового листа; масса корней. При обработке пшеницы сорта Сударыня увеличился 61% показателей (число корней; длина корней; число узловых корней, общей кустистости, площади предфлагового листа, масса корней, масса вегетативной части, длины колоса, числа колосков в колосе, масса 1000 зерен, массы колоса с зернами).

При применении на пшенице сорта Trizo штамма *Sphingomonas sp.* K1B в 2017 г. и 2018 г. (табл. 2) наблюдалось однонаправленное увеличение значений 24% показателей продуктивности пшеницы: числа корней, площади флагового листа, площади предфлагового листа, массы корней; на сорте Сударыня отмечен рост 65% показателей: число корней, длина корней, число узловых корней, длина узловых корней, общая кустистость, масса корней, масса вегетативной части, длина колоса, число колосков в колосе, масса 1000 зерен, масса колоса с зернами.

Таблица 2. Биологическая эффективность штамма *Sphingomonas sp.* K1B в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	<b>-24,9*</b>	-7,2	20,5	-5,0
Высота растения	<b>-36,2</b>	6,0	<b>54,7</b>	-9,6
Число корней	17,5	6,6	35,1	<b>23,6</b>
Длина корней	-9,7	-0,2	9,9	<b>20,1</b>
Число узловых корней	29,0	-5,6	<b>114,1</b>	16,3
Длина узловых корней	-9,6	<b>19,0</b>	25,0	40,2
Продуктивная кустистость	-14,3	<b>18,9</b>	<b>124,0</b>	0,0
Общая кустистость	40,4	-9,5	<b>295,3</b>	<b>60,9</b>
Площадь флагового листа	38,3	14,0	17,5	-10,4
Площадь предфлагового листа	<b>49,7</b>	<b>26,3</b>	-1,6	-12,0
Масса корней	113,3	13,8	<b>273,3</b>	<b>65,0</b>
Масса вегетативной части	-15,7	18,3	93,7	28,4
Длина колоса	0,5	<b>-10,6</b>	<b>6,3</b>	<b>17,8</b>
Число колосков в колосе	<b>-9,2</b>	<b>-11,6</b>	<b>6,6</b>	<b>20,2</b>
Число зерен в колосе	<b>-17,7</b>	<b>-23,2</b>	<b>-21,5</b>	3,4
Масса 1000 зерен	-26,4	<b>20,9</b>	<b>48,4</b>	<b>22,0</b>
Масса колоса с зернами	<b>-14,2</b>	-1,5	<b>70,9</b>	<b>29,8</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

За период 2017-2018 гг. после обработки пшеницы сорта Trizo штаммом *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 (табл. 3) было отмечено однонаправленное увеличение по сравнению с контролем 29% показателей: числа корней, числа узловых корней, длины узловых корней, площади предфлагового листа, массы корней; на сорте Сударыня возросло 59% показателей: число узловых корней, длина узловых корней, общая кустистость, масса корней, масса вегетативной части растения, длина колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, масса 1000 зерен, масса колоса.

За период 2017-2018 гг. изучено влияние ассоциативных ризобактерий на интенсивность развития болезней пшеницы. В 2018 г. на посевах мягкой пшеницы было зарегистрировано развитие гельминтоспориозной корневой гнили (сорт Trizo –  $R_r = 42,3 \pm 9,0\%$ ; сорт Сударыня –  $R_r = 26,3 \pm 3,4\%$ ), бурой ржавчины пшеницы (сорт Trizo –  $R_b = 29,8 \pm 10,5\%$ ; сорт Сударыня –  $R_b = 6,2 \pm 2,1\%$ ) и септориоза (сорт Trizo –  $R_c = 14,8 \pm 5,2\%$ ; сорт Сударыня –  $R_c = 24,3 \pm 5,6\%$ ). Развитие возбудителя мучнистой росы за период вегетации пшеницы выявлено не было.

Таблица 3. Биологическая эффективность штамма *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 в отношении показателей продуктивности пшеницы (в процентах к контролю), 2017-2018 гг.

Показатели	Trizo (к-64981)		Сударыня (к-66407)	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Фаза растения	-6,0	<b>15,8*</b>	<b>36,4</b>	-6,2
Высота растения	-12,4	<b>28,4</b>	<b>74,2</b>	-3,3
Число корней	56,2	7,5	<b>92,0</b>	-0,1
Длина корней	-16,0	-5,4	-8,7	-14,8
Число узловых корней	72,0	20,7	<b>140,0</b>	11,9
Длина узловых корней	5,1	12,2	<b>57,2</b>	<b>17,9</b>
Продуктивная кустистость	82,9	0,0	226,7	0,0
Общая кустистость	76,8	<b>-34,5</b>	<b>435,3</b>	23,8
Площадь флагового листа	-26,8	<b>39,4</b>	-17,0	-10,5
Площадь предфлагового листа	1,8	<b>30,6</b>	-18,6	-13,9
Масса корней	202,2	10,8	<b>353,3</b>	27,4
Масса вегетативной части	-5,3	3,5	63,1	22,2
Длина колоса	<b>-7,8</b>	<b>-6,4</b>	<b>12,1</b>	<b>24,0</b>
Число колосков в колосе	<b>-8,9</b>	<b>-9,4</b>	4,7	<b>22,7</b>
Число зерен в колосе	<b>-12,0</b>	-0,5	8,3	2,9
Масса 1000 зерен	<b>-31,7</b>	2,3	<b>28,7</b>	<b>11,7</b>
Масса колоса с зернами	<b>-24,3</b>	-4,9	<b>56,2</b>	<b>33,3</b>

\* – достоверные изменения по сравнению с контролем в соответствии со значениями критерия Стьюдента ( $P < 0,05$ )

В 2018 г. отмечено статистически достоверное снижение развития гельминтоспориозной корневой гнили ( $P < 0,05$ ) во всех вариантах опыта, где были использованы вышеперечисленные штаммы ризобактерий. Наиболее выраженной биологической эффективностью в отношении возбудителя обладал штамм *Sphingomonas* sp. K1B, применение которого определяло снижение развития болезни по сравнению с контролем на сорте Trizo – на 36%; на сорте Сударыня – на 26%. В остальных вариантах опыта статистически достоверное снижение развития болезни выявлено только на сорте Trizo и составило: *Bacillus subtilis* 124-11 – 23% и *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 – 22%.

Наибольшее влияние на снижение интенсивности развития бурой ржавчины пшеницы и септориоза среди изученных штаммов ассоциативных ризобактерий проявил штамм *Sphingomonas* sp. K1B. При его применении на сорте Trizo достоверно ( $P < 0,05$ ) снижалась степень поражения растений бурой ржавчиной на 26% и септориозом на 11%; число пустул бурой ржавчины уменьшилось на 90%, площадь пустулы – на 39%. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 оказал влияние только на один показатель патогенеза – площадь пустулы бурой ржавчины, величина которой в данном варианте опыта была меньше на 33% по сравнению с контролем. На сорте Сударыня среди использованных штаммов ризобактерий только в варианте опыта – с *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 отмечено статистически достоверное снижение развития септориоза пшеницы по сравнению с контролем (на 19%).

Влияние штаммов ассоциативных ризобактерий на интенсивность развития болезней пшеницы за весь период 2017-2018 гг. отражено на рис. 2.

В варианте опыта, где был применен штамм *Sphingomonas* sp. K1B на сорте Trizo, отмечено статистически достоверное снижение ( $P < 0,05$ ) развития бурой ржавчины пшеницы – на 22%; корневой гнили – на 34%; септориоза – на 13%. Обработка растений сорта Сударыня указанным штаммом определяла снижение развития корневой гнили (на 24%) и септориоза (на 13%). В варианте опыта с *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 на сорте Trizo выявлено снижение развития корневой гнили – на 27%, септориоза – на 11%, мучнистой росы – на 4% (по площади пятен с налетом – на 83%); на сорте Сударыня выявлено снижение развития септориоза (на 19%). При этом на сорте Сударыня обработка растений *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 вызывала снижение площади пятен с налетом мучнистой росы на 60%, *Sphingomonas* sp. K1B – на 58%, *Bacillus subtilis* 124-11 – на 64%.

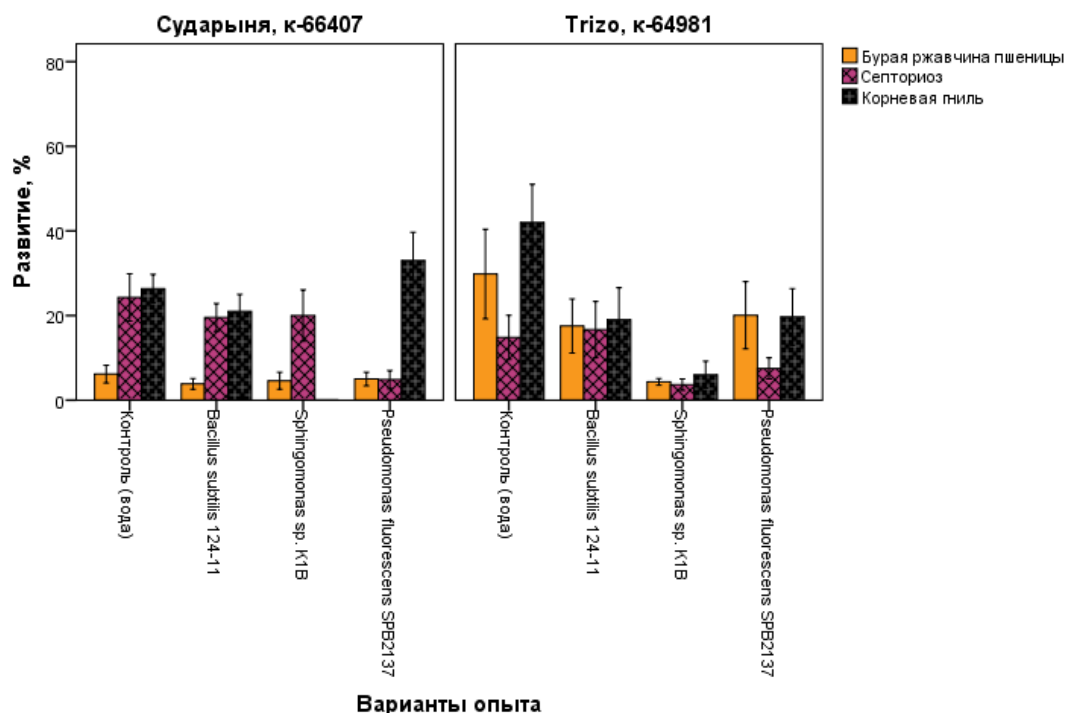


Рис. 1. Интенсивность поражения мягкой пшеницы возбудителями болезней при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2018 г.

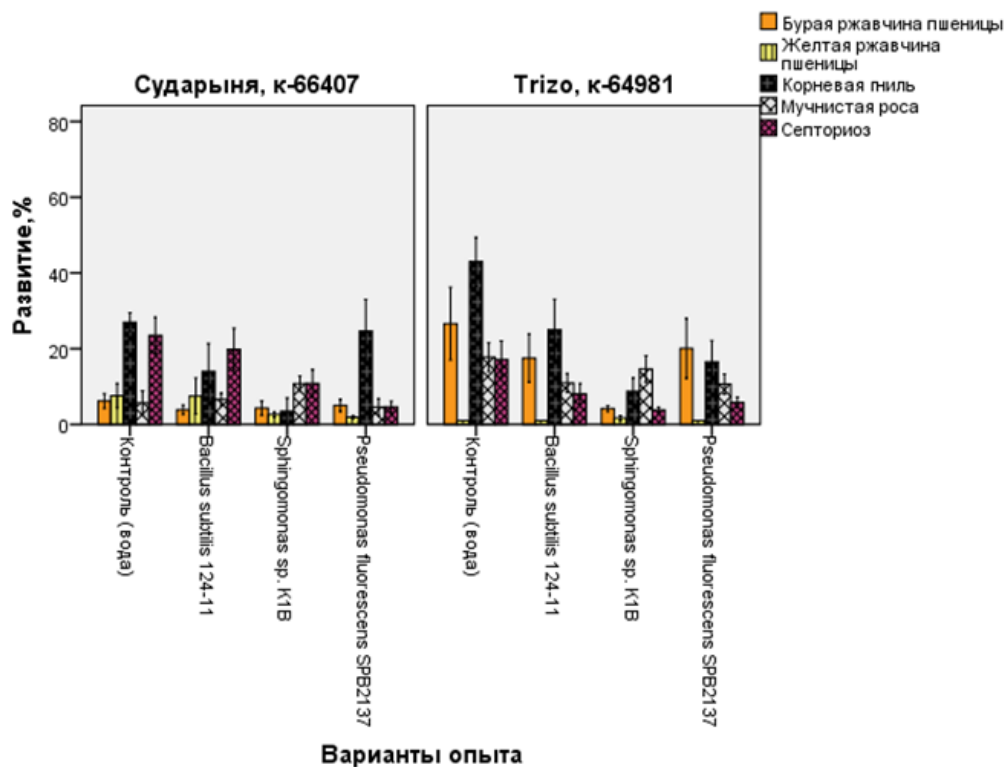


Рис. 2. Интенсивность поражения мягкой пшеницы возбудителями болезней при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2017-2018 гг.

Особенности изменения значений площади пустулы возбудителей бурой и желтой ржавчины пшеницы при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем представлены на рис. 3. Во всех вариантах опыта с сортом Trizo установлено снижение значений площади пустулы бурой ржавчины после применения штаммов ассоциативных ризобактерий: *Bacillus subtilis* 124-11 – на 34%, *Sphingomonas* sp. K1B – на 41%, *Pseudomonas*

*fluorescens* SPB2137 – на 29%. Достоверного влияния указанных штаммов на интенсивность поражения бурой ржавчиной сорта Сударыня не выявлено.

Отмечали снижение значений площади пустул желтой ржавчины на сорте Trizo при применении *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 – на 62% и сорте Сударыня при обработке *Sphingomonas* sp. K1B – на 33%.

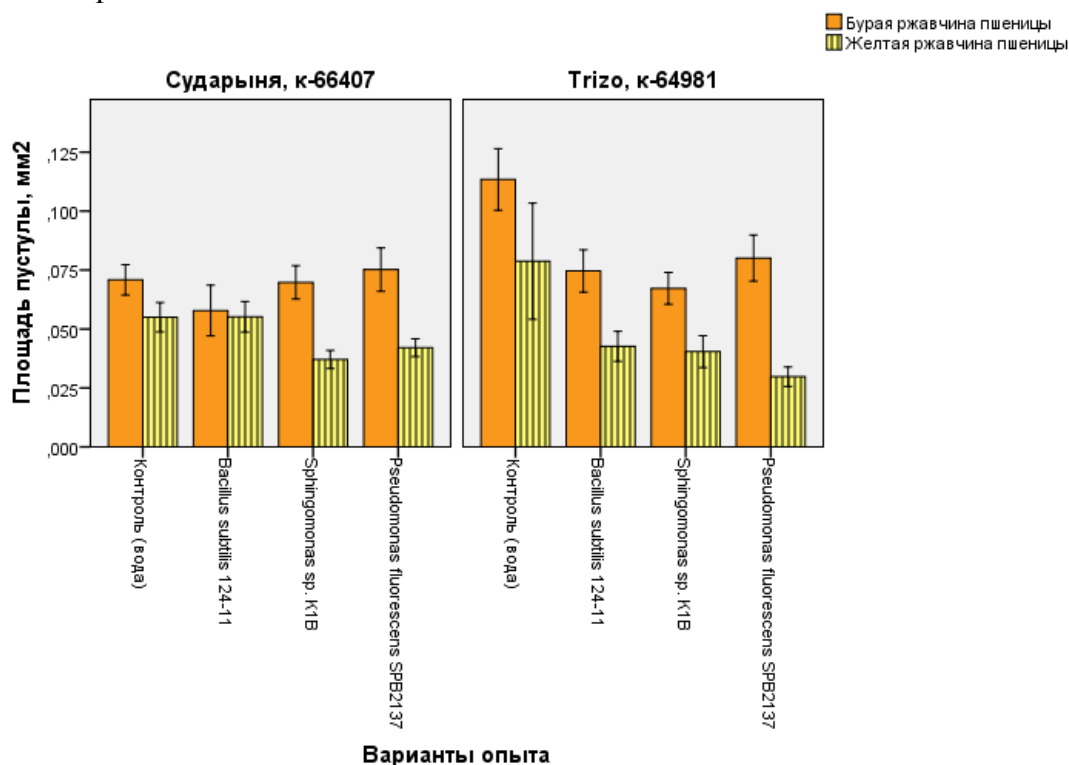


Рис. 3. Изменение значений площади пустулы возбудителей бурой и желтой ржавчины пшеницы при применении ассоциативных ризобактерий в сравнении с контролем, 2017-2018 гг.

За период 2017-2018 гг. между морфологическими признаками растений, структурой урожайности и фитопатологическими характеристиками выявлены определенные взаимосвязи. С использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена отмечено, что с развитием корневой гнили на сорте Trizo наблюдалось усиление степени поражения растений септориозом ( $r=0,9$ ,  $P=0,05$ ). Число полос, формируемых возбудителем желтой ржавчины на флаговых листьях положительно коррелировало со значениями площади пятен с налетом мучнистой росы на флаговых ( $r=0,9$ ,  $P=0,03$ ); и предфлаговых листьях ( $r=0,5$ ,  $P=0,04$ ). Была отмечена положительная корреляция между значениями длины полос желтой ржавчины и числом ( $r=0,9$ ,  $P=0,04$ ), площадью ( $r=0,5$ ,  $P=0,04$ ) пятен с налетом мучнистой росы на предфлаговых листьях.

Число полос желтой ржавчины на флаговом листе положительно коррелировало с высотой растений ( $r=0,8$ ,  $P=0,01$ ), обратно коррелировало с числом ( $r=-0,7$ ,  $P=0,01$ ) и массой корней растения ( $r=-0,8$ ,  $P=0,03$ ), общей кустистостью ( $r=-0,9$ ,  $P=0,02$ ). Усиление степени поражения предфлаговых листьев септориозом способствовало уменьшению длины колоса пшеницы ( $r=-0,4$ ,  $P=0,02$ ). Значения площади пустул желтой ржавчины обратно коррелировали с потенциальной урожайностью пшеницы ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ).

Усиление развития корневой гнили сорта Сударыня определяло снижение длины узловых корней ( $r=-0,7$ ,  $P=0,01$ ), продуктивной кустистости ( $r=-0,7$ ,  $P=0,03$ ), общей кустистости ( $r=-0,6$ ,  $P=0,03$ ), длины колоса ( $r=-0,6$ ,  $P=0,04$ ), площади флагового листа ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ), массы вегетативной части растения ( $r=-0,5$ ,  $P=0,04$ ), потенциальной урожайности ( $r=-0,6$ ,  $P=0,04$ ).

Развитие желтой ржавчины на флаговых листьях сорта Сударыня усиливалось с развитием септориоза ( $r=0,6$ ,  $P=0,02$ ) и мучнистой росы на предфлаговых листьях ( $r=0,8$ ,  $P=0,02$ ).

Число корней растений сорта Сударыня росло с увеличением числа пятен с налетом мучнистой росы на флаговых листьях ( $r= 0,8$ ,  $P=0,03$ ), а длина корней уменьшалась с увеличением интенсивности развития болезни ( $r= - 0,6$ ,  $P=0,04$ ) и площади пятен с налетом ( $r= - 0,5$ ,  $P=0,03$ ). Снижение продуктивной кустистости определялось ростом интенсивности площади пятен с налетом возбудителя ( $r= - 0,4$ ,  $P=0,03$ ). При этом общая кустистость возрастала с увеличением интенсивности развития болезни ( $r= 0,5$ ,  $P=0,008$ ) и числа пятен на предфлаговых листьях ( $r= - 0,5$ ,  $P=0,01$ ). Усиление развития мучнистой росы на флаговых листьях приводило к снижению площади флагового листа ( $r= - 0,5$ ,  $P=0,04$ ); площади предфлагового листа ( $r= - 0,7$ ,  $P=0,006$ ), числа колосков в колосе ( $r= - 0,8$ ,  $P=0,007$ ;  $r= - 0,6$ ,  $P=0,0003$ ); массы колоса ( $r= - 0,6$ ,  $P=0,04$ ;  $r= - 0,4$ ,  $P=0,01$ ). Развитие мучнистой росы на предфлаговых листьях способствовало снижению числа зерен в колосе ( $r= - 0,4$ ,  $P=0,0002$ ), массы 1000 зерен ( $r= - 0,5$ ,  $P=0,00003$ ). Развитие септориоза определяло снижение длины колоса ( $r= - 0,4$ ,  $P=0,001$ ), массы колоса с зернами ( $r= - 0,4$ ,  $P=0,001$ ), числа колосков в колосе ( $r= - 0,3$ ,  $P=0,04$ ).

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что в наибольшей степени интенсивность поражения пшеницы болезнями оказывала влияние на продуктивность пшеницы сорта Сударыня, несмотря на то, что сорт Trizo сильнее поражался возбудителями болезней и отличался большим числом выявленных фитопатологических взаимосвязей. Следовательно, и эффективность штаммов ассоциативных бактерий, снижающих развитие возбудителей болезней, в отношении увеличения продуктивности пшеницы была в большей степени выражена на сорте Сударыня.

**Выводы.** Максимальный эффект от штаммов ассоциативных ризобактерий на продуктивность пшеницы был выявлен на посевах сорта Сударыня. В вариантах опыта, где на сортах Trizo и Сударыня был использован штамм *Sphingomonas sp.* K1B, по сравнению с контролем (без обработки), отмечен однонаправленный рост в 2017 г. и 2018 г. максимального числа показателей продуктивности. Кроме того, при использовании штамма *Sphingomonas sp.* K1B на сорте Trizo (2018 г.) и сорте Сударыня (2017, 2018 гг.) зарегистрировано статистически достоверное увеличение массы 1000 зерен: на 21%, 48% и 22% соответственно.

В отношении возбудителей болезней растений изученные штаммы ассоциативных ризобактерий проявили избирательное действие, и их эффективность зависела от сорта пшеницы. Наибольший эффект от применения штаммов ассоциативных ризобактерий был выявлен на сорте Trizo, который сильнее поражался возбудителями болезней. Комплексным действием на развитие гельминтоспориозной корневой гнили, бурой и желтой ржавчины, мучнистой росы, септориоза обладал штамм *Pseudomonas fluorescens* SPB2137. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 оказывал существенное влияние на снижение развития бурой ржавчины (по площади пустулы) и желтой ржавчины (по числу полос на лист), а штамм *Sphingomonas sp.* K1B – на снижение интенсивности поражения пшеницы корневой гнилью, бурой ржавчиной (по условному развитию болезни, числу пустул, площади пустул), септориозом, но не оказывал статистически достоверного влияния на развитие мучнистой росы и желтой ржавчины. Наибольшей эффективностью в отношении болезней пшеницы сорта Сударыня проявил штамм *Sphingomonas sp.* K1B, использование которого достоверно снижало площадь пятен мучнистой росы, формируемых на предфлаговых листьях (но увеличивало их число на лист), развитие корневой гнили и септориоза, желтой ржавчины (по площади пустулы). Штамм *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 на указанном сорте достоверно влиял только на площадь пятен мучнистой росы на предфлаговых листьях и развитие септориоза, а штамм *Bacillus subtilis* 124-11 – на снижение площади пятен мучнистой росы на предфлаговых листьях.

*Культивирование и приготовление суспензий бактерий проведено при финансовой поддержке Госзадания (тема № 0664-2015-0009).*



## Литература

1. **Тихонович И.А., Кравченко Л.В., Шапошников А.И.** Ризосфера как наномолекулярный интерфейс растительно-микробных систем // Вестник РАСХН. –2010. – № 4. – С. 19-21
2. **Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М.** Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов//Сельскохозяйственная биология. – 2011. – №3. – С.16-22.
3. **Воробенков Г.А., Павлова Т.К., Кондрат С.В. и др.** Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений// Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2011. – № 141. – С. 114-123.
4. **Петрова С.Н., Парахин Н.В.** Микробные препараты как способ формирования эффективных растительно-микробных систем// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2(6). – С. 86-91.
5. **Белимов А.А., Колесников Л.Е., Донес П.М.** Повышение урожайности яровой мягкой пшеницы и снижение вредоносности возбудителей болезней с помощью ассоциативных ризобактерий // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – 3 (52). – С. 26-33.

## Literatura

1. **Tihonovich I.A., Kravchenko L.V., Shaposhnikov A.I.** Rizosfera kak nanomolekulyarnyj interfejs rastitel'no-mikrobnih sistem // Vestnik RASKHN. –2010. – № 4. – S. 19-21
2. **Shaposhnikov A.I., Belimov A.A., Kravchenko L.V., Vivanko D.M.** Vzaimodejstvie rizofernyh bakterij s rasteniyami: mekhanizmy obrazovaniya i faktory ehffektivnosti associativnyh simbiozov//Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2011. – №3. – С.16-22.
3. **Vorobenzov G.A., Pavlova T.K., Kondrat S.V. i dr.** Issledovanie ehffektivnosti shtammov associativnyh rizofernyh bakterij v posevah razlichnyh vidov rastenij// Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gercena. – 2011. – № 141. – С. 114-123.
4. **Petrova S.N., Parahin N.V.** Mikrobnye preparaty kak sposob formirovaniya ehffektivnyh rastitel'no-mikrobnih sistem// Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2013. – №2(6). – С. 86-91.
5. **Belimov A.A., Kolesnikov L.E., Dones P.M.** Povyshenie urozhajnosti yarovoј myagkoј pshenicy i snizhenie vredonosnosti vozbuditelej boleznej s pomoshch'yu associativnyh rizofernyh bakterij // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – 3 (52). – С. 26-33.

УДК 632.4:582.284.21

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11064

Соискатель **Е.Л. ШАЙДАЮК**  
(ФГБНУ ВИЗР, eshaydayuk@bk.ru)

Канд. с-х. наук **В.С. ЮСОВ**  
(ФГБНУ "Омский аграрный научный центр", vs\_ysov@rambler.ru)

Канд. биол. наук **Е.И. ГУЛЬТЯЕВА**  
(ФГБНУ ВИЗР, eigulytaeva@gmail.com)

## ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ НА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЕ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Твердая пшеница (*T. durum* L.) – незаменимое сырье для макаронной, крупяной и кондитерской промышленности. В России высококачественное зерно яровой твердой пшеницы получают в Западной Сибири, Алтайском крае, Южном Урале и Поволжье. Одним из лимитирующих факторов для получения высоких урожаев зерна твердой пшеницы является поражение болезнями, среди которых одной из значимых является бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.). В последние годы отмечается усиление

вредоносности данного заболевания, что обусловлено изменением популяционного состава патогена и формированием новых высокоагрессивных биотипов (рис.1) [1].

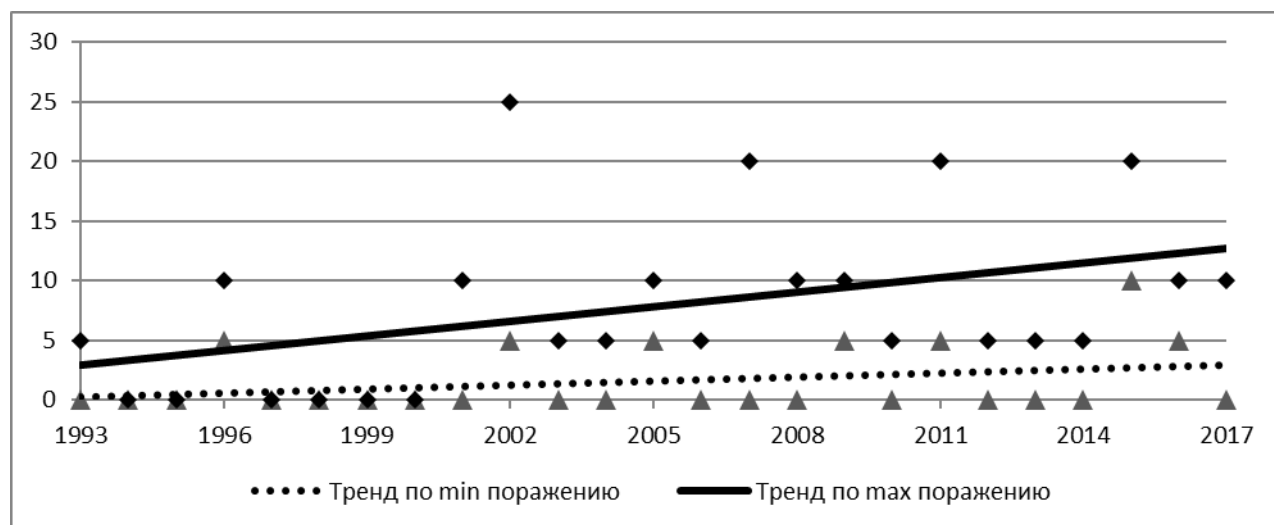


Рис. 1. Динамика поражения твердой пшеницы бурой ржавчиной в условиях Западной Сибири (1993-2017 гг.)

В связи с этим актуальность представляют популяционные исследования патогена. Популяции возбудителя бурой ржавчины, обитающие на твердой пшенице, охарактеризованы по признаку вирулентности и полиморфизму микросателлитных локусов во многих странах [2]. М. Е. Ordoñez и J. A. Kolmer [2] показали высокое сходство фенотипического состава изолятов с *T. durum* в Южной и Северной Америке, Западной Европе. При этом изоляты из Эфиопии существенно отличались от них. Исследования микроэволюционных процессов патогена на твердой и мягкой пшеницах с использованием секвенирования интрон-содержащих участков гена РНК-полимеразы (RPB2) и информативных для рода *Puccinia* SSR-локусов показало независимую дивергенцию эфиопской популяции гриба с *T. durum*. Все другие популяции патогена на твердой пшенице на Северо- и Южноамериканском континентах и в Западной Европе имели высокое генетическое сходство между собой и кластеризовались отдельной группой в общем кластере с мягкой пшеницей. Показано наличие высокого потока генов между популяциями гриба на данных видах-хозяевах. На основании полученных сведений сделано предположение об относительно недавней дивергенции патогена и его эволюционного обособления на твердой и мягкой пшенице [3].

При анализе вирулентности популяций *P. triticina*, собранных с *T. aestivum*, *T. durum* и генетически близкого к твердой пшеницы вида *T. dicoccoides* в Израиле в 1993–2008 гг., показано, что структура популяций на твердой пшенице и *T. dicoccoides* отличалась стабильностью в течение 15-летнего периода, а на мягкой претерпела существенные изменения [4]. Изоляты бурой ржавчины, собранные с мягкой пшеницы *T. aestivum*, *T. dicoccoides* и *T. durum*, имели меньшее число аллелей вирулентности по сравнению с изолятами с мягкой пшеницы. Аналогичные различия выявлены для изолятов с твердой и мягкой пшеницы во Франции [5], США и других странах [2].

В России популяционные исследования *P. triticina* на твердой пшенице практически не проводились. В литературе имеются лишь ограниченные сведения по изучению вирулентности дагестанской популяции патогена на *T. durum* в 1970-1980 гг. (Дмитриев с соавт., 1976; Михайлова, Метревели, 1986).

Для определения влияния растения-хозяина на отбор клонов гриба по признаку вирулентности исследовали популяции, собранные на коллекционных образцах ДЭС ВИР в Дербенте и образцах опытного поля Грузинского НИИСХ в Мцхета. В Дербенте образцы были собраны с видов диплоидной, тетраплоидной и гексаплоидной пшеницы. Для определения признаков вирулентности были использованы изогенные линии Thatcher с

генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3a*, *Lr3d*, *Lr10*, *Lr14*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18* и сорт Кавказ (*Lr26*). В основном отмечена вариабельность изолятов по вирулентности к линиям *TcLrl*, *TcLr2a* и сорту Кавказ (*Lr26*). Как правило, изоляты, авирулентные к линии *Lr1*, были также авирулентны и к линии *Lr2a*. Вирулентность к линиям *Lr3a*, *L3d*, *Lr10*, *Lr14*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr18* была близка к 100% во всех образцах популяций.

Отмечена высокая корреляция между степенью полевой устойчивости образцов тетраплоидных видов (за исключением *T. durum*) и частотой встречаемости изолятов, авирулентных к *TcLrl*, *TcLr2a* ( $r = 0,69$ ,  $P > 0,95$ ). Чем выше была устойчивость образца, тем чаще в выборке популяции с этого образца встречались авирулентные изоляты гриба.

Наибольшая частота встречаемости авирулентных к *TcLrl*, *TcLr2a* изолятов определена для образцов популяции, собранных с *T.durum*, как в сравнении с образцами с мягкой пшеницы, так и с других видов, в том числе и тетраплоидных. Вне зависимости от показателей устойчивости твердых пшениц частота изолятов, авирулентных к *TcLrl*, *TcLr2a*, достигала 100%.

Таким образом, свойство отбирать изоляты гриба, авирулентные к *L1*, *Lr2a*, выражено у твердой пшеницы сильнее, чем у прочих тетраплоидов и образцов мягкой пшеницы с высокой полевой устойчивостью. Также отмечена значимо более высокая частота встречаемости на твердой пшенице изолятов *P. triticina*, авирулентных к *Lr3a*, *Lr17* (Дмитриев с соавт., 1976).

Представляло интерес дополнить исследования патогена на твердой пшенице в России популяциями патогена в других регионах.

**Цель исследования** – охарактеризовать структуру омской популяции возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице по вирулентности и микросателлитным маркерам.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Инфекционные образцы, представленные листьями твердой пшеницы с урединиопустулами бурой ржавчины, были собраны в 2018 г. на селекционном участке лаборатории твердой пшеницы Омского АНЦ. Источниками инфекции служили сорта Омская степная, Омский циркон и три гибридных линии. Дополнительно в анализ включили образец популяции патогена, собранный с полбы (*Triticum dicoccum*), которая является генетически близкой к твердой пшенице. Данные образцы имели более высокое поражение бурой ржавчиной (15-30%) относительно других выращиваемых образцов твердой пшеницы.

Для получения монопустульных изолятов в популяционных исследованиях возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице преимущественно используют восприимчивые сорта *T. durum* [2]. В настоящих исследованиях для клонирования популяций, наряду с восприимчивым сортом твердой пшеницы Памяти Чеховича, дополнительно использовали восприимчивый сорт мягкой пшеницы Thatcher. Этот подход позволял оценить различия в вирулентности изолятов, размноженных на твердой и мягкой пшеницах.

Получение монопустульных изолятов и их размножение проводили по методике лабораторного культивирования гриба *P. triticina* на отрезках листьев (Дмитриев с соавт., 1976). Из каждого образца популяции было проанализировано по 10 монопустульных изолятов, пять из которых были получены и размножены на мягкой пшенице и пять на твердой.

Анализ вирулентности проводили с использованием 10-14 дневных проростков (фаза первого листа), выращенных в почве. Растения инокулировали суспензией спор патогена ( $10^6$ ) с добавлением детергента Твин 80 и помещали во влажную камеру на 12-18 часов. После этого их переносили в контролируемые условия: температура 20-22 °С, освещенность 150-220 Вт/м<sup>2</sup>, фотопериод (день/ночь) 16/8.

Учет проводили на 10-14 день после заражения по балловой шкале Mains и Jackson [6], где: 0 – отсутствие симптомов; 0; – некрозы без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – пустулы среднего размера без некроза, 4 – крупные пустулы без некроза, X – пустулы на

одном и том же листе разных типов, присутствуют хлорозы и некрозы. Растения с типом реакции 0–2 относили к устойчивым, 3–4 и X к восприимчивым.

В анализе вирулентности использовали 22 почти изогенные линии сорта Thatcher с генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr30* и *Lr44*. Для определения фенотипов вирулентности использовали 20 Tc*Lr*-линий, объединенных в пять групп, по четыре линии в каждой: I — *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*; II — *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*; III — *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*, IV — *Lr2b*, *Lr3bg*, *Lr14a*, *Lr14b*; V — *Lr15*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr20*. Первые три группы набора соответствовали североамериканскому набору [2], остальные две включали линии, эффективные для дифференциации российских популяций *P. triticina*.

Буквенный код фенотипов (рас), частоты вирулентности и фенотипов определяли с использованием пакета программ VirulenceAnalysisTool (VAT). Полиморфизм микросателлитных локусов омских изолятов *P. triticina* был изучен с использованием 8 SSR-маркеров (SSRPt55, SSRPt61, SSRPt68, SSRPt92, SSRPt152, SSRPt158, SSRPt161 и RB26) [2]. Эти маркеры подобраны для изучения популяций *P. triticina* в Cereal Diseases Laboratory (США). Выделение ДНК из спорового материала гриба выполнено по методике, описанной A.F Justesen с соавторами [7]. SSR-анализ проводили с использованием генетического анализатора ABI Prism 3500 (ABI-Hitachi, Япония). Для определения размеров аллелей использовали программу GeneMapper. Статистическая обработка результатов SSR-анализа выполнена с помощью пакета программ GenAlEx 6.5 (<https://biology-assets.anu.edu.au/GenAlEx/Download.html>).

**Результаты исследования.** В анализе вирулентности изучено 60 монопустульных изолятов, из них 30 получено и размножено на мягкой пшенице и 30 – на твердой. Все изоляты были авирулентны к линиям Thatcher с генами *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr9*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr44* и вирулентны к *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr23*, *Lr26* и *Lr30*. Варьирование по вирулентности наблюдали на линии Tc*Lr20*. Большинство изолятов (83%) характеризовались вирулентностью к данной линии, за исключением изолятов с одной из гибридных линий. Не выявлено различий по вирулентности между изолятами с твердой пшеницы и полбы. Выявлен сходный спектр вирулентности у образцов популяций *P. triticina* при размножении на универсально восприимчивых сортах твердой и мягкой пшеницы.

Выявлено только два фенотипа (МСТКГ (83%), МСТКН (17%) различающиеся между собой по вирулентности к *Lr20*. Разнообразие по вирулентности и фенотипическому составу у образцов популяций патогена на твердой пшенице было существенно ниже, чем на мягкой пшенице, выращиваемой в сходных условиях. В анализе образцов омских популяций на мягкой пшенице выявляется значимо большее число фенотипов вирулентности [8,9]. Большинство ранее изученных изолятов в популяции патогена на мягкой пшенице характеризовались более высоким числом аллелей вирулентности [8], чем изоляты на твердой пшенице. Полученные нами сведения о меньшей вирулентности изолятов *P. triticina* на твердой пшенице и низком фенотипическом разнообразии согласуются с исследованиями, выполненными в Западной Европе, Южной и Северной Америке [2].

В микросателлитном анализе изучено 6 изолятов (2 изолята с сорта Омский Циркон (один получен на твердой, другой – на мягкой пшеницах), 1 с Омская степная, 2 с гибридной линии твердой пшеницы и 1 с *T. dicoccum* (все получены на мягкой пшенице). При оценке полиморфизма восьми локусов варибельность в размерах аллелей выявлена только для локуса SSRPt158 (233 п.о. и 236 п.о.). Гетерозиготное состояние локуса SSRPt158 отмечено у двух изолятов с гибридной линии.

Согласно микросателлитному анализу изученные изоляты были представлены двумя SSR-генотипами, частоты которых составляли 67% и 33%. Изоляты с сорта Омский циркон, размноженные на мягкой и твердой пшеницах, имели сходный генотип. Генотип у изолята с *T. dicoccum* был сходным с ними. Проведенный молекулярный анализ подтвердил высокую степень сходства между изученными изолятами патогена на твердой пшенице по микросателлитным локусам.

**Выводы.** Впервые охарактеризована вирулентность и молекулярный полиморфизм омской популяции возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице. В популяции *P. triticina* на твердой пшенице определено меньшее число аллелей вирулентности и более низкое фенотипическое разнообразие по сравнению с популяцией на мягкой пшенице. Выявленные на твердой пшенице фенотипы вирулентности относятся к группе редких и практически не отмечаются при анализе омских популяций *P. triticina* на мягкой пшенице. Вероятно, это является причиной более слабого поражения твердой пшеницы по сравнению с мягкой пшеницей. Полученные сведения следует учитывать в селекции твердой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине в условиях Западной Сибири.

### Литература

1. Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Кирьякова М.Н., Глушаков Д.А. Характеристика устойчивости образцов пшеницы твердой из питомников КаСиб к возбудителю бурой ржавчины в условиях Западной Сибири // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018 – № 3(72). – С. 366-370. DOI: 10.21515/1999-1703-72-386-390
2. **Ordóñez M.E., Kolmer J.A.** Virulence phenotypes of a worldwide collection of *Puccinia triticina* from durum wheat // *Phytopathology*. – 2007. – V.97. – P.344-51. doi:10.1094/PHYTO-97-3-0344.
3. **Liu M., Rodrigue N., Kolmer J.** Population divergence in the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* is correlated with wheat evolution // *Heredity*. – 2014. – P. 112-443.
4. **Kosman E., P. Ben-Yehuda P., Manisterski J.** Diversity of virulence phenotypes among annual populations of wheat leaf rust in Israel from 1993 to 2008 // *Plant Pathology*. – 2014 – V.63. – P.563-571.
5. **Goyeau H. Berder J., Czerepak C., Gautier A., Lanen C., Lannou C.** Low diversity and fast evolution in the population of *Puccinia triticina* causing durum wheat leaf rust in France from 1999 to 2009, as revealed by an adapted differential set / H.Goyeau, // *Plant Pathol.* – 2012 – V.61 – P.761-772.
6. **Mains E.B., Jackson H.S.** Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. // *Phytopathology*. – 1926. – V. 16. – P. 89-120.
7. **Justesen A.F., Ridout C.J., Hovmøller M.S.** The recent history of *Puccinia striiformis* f. sp. tritici in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP markers // *Plant Pathology*. 2002. – V. 51. – P. 13-23.
8. Гультяева Е.И., Шаманин В.П., Шайдаюк Е.Л., Потоцкая И.В., Игнатъева А.И. Структура популяций гриба *Puccinia triticina* на сортах и селекционных линиях мягкой пшеницы на опытном поле Омского ГАУ в 2013-15 гг. // Вестник ОмГАУ. – 2016. – № 2 (22). – С. 20-25.
9. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Зверовская Т.С., Сабеева О.Б., Белан И.А. Вирулентность природной популяции бурой ржавчины в Омской области // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11 (2). – С. 279-283.

### Literatura

1. **Yusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Kir'yakova M.N., Glushakov D.A.** Harakteristika ustojchivosti obrazcov pshenicy tverdoj iz pitomnikov KaSib k vozбудителю buroj rzhavchiny v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 3(72). – P. 366-370. DOI: 10.21515/1999-1703-72-386-390
2. **Ordóñez M.E., Kolmer J.A.** Virulence phenotypes of a worldwide collection of *Puccinia triticina* from durum wheat // *Phytopathology*. – 2007. –V.97. – P.344-51. doi:10.1094/PHYTO-97-3-0344.
3. **Liu M., Rodrigue N., Kolmer J.** Population divergence in the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* is correlated with wheat evolution // *Heredity*. – 2014. – P.112-443.
4. **Kosman E., P. Ben-Yehuda P., Manisterski J.** Diversity of virulence phenotypes among annual populations of wheat leaf rust in Israel from 1993 to 2008 // *Plant Pathology*. – 2014 – V.63. – P.563-571.

5. Goyeau H., Berder J., Czerepak C., Gautier A., Lanen C., Lannou C. Low diversity and fast evolution in the population of *Puccinia triticina* causing durum wheat leaf rust in France from 1999 to 2009, as revealed by an adapted differential set / H.Goyeau, // Plant Pathol. – 2012 – V.61 – P.761-772.
6. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. – 1926. – V. 16. – P. 89-120.
7. Justesen A.F., Ridout C.J., Hovmøller M.S. The recent history of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP markers // Plant Pathology. –2002. –V. 51. – P. 13-23.
8. Gulyaeva E.I., Shamanin V.P., Shajdayuk E.L., Potockaya I.V., Ignat'eva A.I. Структура популяций гриба *Puccinia triticina* на сортах и селекционных линиях мягкой пшеницы на опытном поле Омского ГАУ в 2013-15 гг. // Vestnik OmGAU. – 2016. – № 2 (22). – P. 20-25.
9. Meshkova L.V., Rosseeva L.P., Zverovskaya T.S., Sabaeva O.B., Belan I.A. Virulentnost' prirodnoj populyacii buroj rzhavchiny v Omskoj oblasti //Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2018. – № 11 (2). – P. 279-283.

УДК 632.62/.69

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11069

Соискатель **О.В. СЕРГЕЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, osuf@rambler.ru)  
Гельминтолог **К.П. РАЗУБАЕВА**  
(ФГБУ «Ленинградская МВЛ», palata96@list.ru)

## МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД СЕМЕЙСТВА *LONGIDORIDAE* В УСЛОВИЯХ КАРАНТИННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

В настоящее время в России и Европе расширяется список потенциально опасных вредителей и болезней растений, в том числе и фитопаразитических нематод. Опасность заключается в том, что многие из них являются переносчиками вирусов растений, например, представители, относящиеся к семейству *Longidoridae*, а переносимые ими вирусы - к типу "почвенных" (Стегареску, 1980). Так, в список карантинных объектов Российской Федерации в 2018 году (решением совета ЕЭК от 2 марта 2018 года № 25) был включён вид нематоды (нематода - кинжал) *Xiphinema rivesi* Dalmasso, 1969 (*Nematoda*, *Adenophorea*, *Dorylaimida*, *Longidoridae*). Компьютерный код Байера: XIPHRI. Карантинный статус ЕОКЗР: A2 list [1]. Данный вид и другие представители семейства являются облигатными, мигрирующими, многоядными корневыми эктопаразитами, главным образом, многолетних древесных и кустарниковых пород, хотя способны паразитировать и на корнях однолетних травянистых растений. Служат переносчиками опасных карантинных вирусных заболеваний растений, таких как: вирус кольцевой пятнистости табака (TRSV), вирус скручивания листьев вишни (CRLV), вирус розеточной мозаики персика (PRMV) и вирус кольцевой пятнистости томата (ToRSV) (Романенко, Стегареску, 1985) [2]. На сегодняшний день в литературе встречаются лишь разрозненные данные о виде *Xiphinema rivesi* D., методах выявления и диагностики нематод семейства *Longidoridae*, отсутствуют международные, российские стандарты и методики, которые могут быть использованы для работы сотрудниками государственных карантинных испытательных лабораторий для проведения фитосанитарного анализа подкарантинной продукции и почвенных образцов.

**Цель исследования** – расширить общие сведения о виде нематоды *Xiphinema rivesi* D. и представить методики выделения и идентификации нематод семейства *Longidoridae*, удовлетворяющие запросам карантинных лабораторий.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Целевые объекты – нематода – кинжал *Xiphinema rivesi* D. и другие виды нематод семейства *Longidoridae*. Место изучения – лаборатория гельминтологии отдела карантина растений ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» (2018 год).

В карантинных лабораториях выявление *Xiphinema rivesi* D., как и большинства других видов нематод, паразитирующих на поверхности растений (эктопаразитов), осуществляется на основе извлечения их из почвы или среды выращивания. Для этих целей применяют метод Кобба в модификации с методом Флегга (Flegg, 1967), метод Остенбринка (Oostenbrink, 1960), либо используются другие методы, подходящие для извлечения данных видов нематод. Для обнаружения мигрирующих нематод - эндопаразитов *Xiphinema* spp., находящихся в почвенных остатках: на корнях, луковицах и клубнях, используют модифицированный метод Бермана (EPPO, 2013) (Романенко, Стегареску, 1985) [3].

В лаборатории гельминтологии отдела карантина растений для выделения нематод семейства *Longidoridae* используется оригинальная методика, включающая комбинацию метода промывки почвы (метод Флэгга) и вороночно - флотационного метода. Таким же способом возможно и выделение нематод вида *Xiphinema rivesi* D. Идентификацию нематод до вида проводят по самкам [4].

**Результаты исследования.** Изучив литературу по тематике исследований, нами установлено, что в Европе вид нематоды *Xiphinema rivesi* D. имеет статус ограниченно - распространённого, однако встречается почти во всех регионах мира, за исключением Африки. Кроме того, многие зарубежные авторы, такие как Z.A. Handoo, I.K.A. Ibrahim, D.J. Chitwood и A.A. Mokbel, 2015 [4], сообщают о присутствии данного вида в Египте. Нематоды семейства *Longidoridae*, в частности вида *Xiphinema rivesi* D., малоподвижны, поэтому их распространение может происходить только вместе с заражённым посадочным материалом и субстратом. Размножаются нематоды партеногенетически, популяции представлены в основном личинками и самками, самцы встречаются крайне редко. Растениями хозяевами нематоды - кинжал являются древесные культуры, такие как яблоня, груша, дуб, грецкий орех, апельсин и другие. Кроме того, нематоды могут поражать малину, виноград, люцерну, хлопок, картофель и кукурузу. В настоящее время специфических симптомов поражения этой нематодой не описано ни для одного из видов растений. Морфологические признаки, характерные для представителей рода *Xiphinema*, следующие: длина тела - 1,2 - 7,3 мм; форма тела прямая или спиралевидная; губная область варьирует от смещённой, пуговчатой до сплошной, являющейся продолжением контура тела, от низкой до высокой; отверстие амфид щелевидное; стилет состоит из иглообразного, сильно склеротизированного одонтостилия с вильчатым основанием и одонтофора со склеротизированными базальными краями; направляющий аппарат состоит из свёрнутой трубки, расположенной между направляющим кольцом и одонтофором; ядро дорзальной глоточной железы круглое, крупнее, чем у вентросублатеральных желёз, расположено рядом с отверстием протока; репродуктивная система самок разнообразная, обычно амфидельфная или дидельфная; форма хвостового конца варьирует от удлинённого нитевидного до короткого, слепо закруглённого, обычно одинакова у обоих полов. Основными морфометрическими признаками вида нематоды - кинжала могут служить следующие: индекс J (длина осветлённой части терминуса хвоста) и диаметр тела в области губ и терминуса хвоста на уровне начала осветлённой части. Кроме того, существенными диагностическими признаками нематод данного вида являются диаметр тела в области направляющего кольца копыя, основания пищевода, вульвы и ануса, длина одонтостилия и одонтофора, положение направляющего кольца копыя, длины хвоста, индексы a, b, c (Романенко, Стегареску, 1985).

Методика выделения нематод семейства *Longidoridae*, применяемая в лаборатории гельминтологии отдела карантина растений ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» заключается в следующем. Согласно действующим правилам отбора почвенных проб, образец, поступающий в лабораторию, должен составлять 250 см<sup>3</sup>. Для проведения анализа из него выделяли 100 см<sup>3</sup>, с помощью мерного стакана. Исследования проводились на объём почвенного образца - 100 см<sup>3</sup>, так как в данном анализе объём образца не влияет на качество выделения нематод из исследуемого материала. В зависимости от глубины отбора почвенного образца будет меняться объём той его части, из которой происходит выделение нематод (табл. 1). Размер среднего образца всегда должен составлять 250 см<sup>3</sup> почвы, согласно СТО ВНИИКР 6.002-2016 [5].

Таблица 1. Глубина отбора и объём почвенного образца для проведения экспертизы на выявление фитонематод (по Кирьяновой Е.С., Кралль Э.Л., 1969)

Продукция	Глубина отбора образца (см)	Объём образца, исследуемого в лаборатории (см <sup>3</sup> )**
Почва/грунт, отобранные из - под поражаемых культур на месте их произрастания*	0-20	10
	20-50	25
	>50	100
Почва/грунт, отобранные от партий саженцев*	20-25	25
Подземные органы растений	-	Вся почва, имеющаяся в образце продукции

\*- в случае если почва анализируется также на цистообразующих нематод, то образец почвы составляет 100 см<sup>3</sup>;

\*\* - объём образца, указанный в таблице, выделяет специалист из поступившего в лабораторию среднего образца

Подходящим методом для выделения червеобразных почвообитающих нематод является метод Кобба, или метод промывки почвы. Однако в практике карантинных лабораторий выделять отдельный образец для данного анализа довольно трудозатратно, так как карантинными объектами являются три вида цистообразующих нематод, которых выделяют вороночно-флотационным методом. Е.С. Кирьянова, Э.Л. Кралль 1969 описывают возможность объединения в единый технологический процесс обоих методов, подходящий как для цистовыделителей, так и для работы мытьём образца в ведре. Данный метод был модифицирован для нужд современных карантинных лабораторий. Так, для выделения фитонематод исследуемый образец почвы помещали в сосуд-смеситель цистовыделителя. Сосуд – смеситель заполняли водой до полного объёма. Тяжелые частицы почвы при этом оседали, а лёгкие органические частицы, цисты и червеобразные нематоды по сливному желобу смывались на 3 сита С12/38. Верхнее сито с диаметром ячеек 2 мм задерживало крупные частицы почвы и растительные остатки, среднее сито с диаметром ячеек 0,16 мм – мелкие частицы и цисты, нижнее сито с диаметром ячеек 0,04-0,05мм – червеобразных нематод и мелкие частицы. Образец промывали до появления чистой воды в сливном желобе. Продолжительность промывания зависела от механического состава почвы. Позднее осадок со среднего сита (0,16 мм) сливали на бумажный фильтр, осадок с нижнего сита (0,04 мм) смывали в стакан. Отмечено, что объём смыва не рекомендуется доводить более чем до 100 мл, так как это затягивало время анализа, не влияя на его качество. Далее фильтры и смывы просматривали специалисты на присутствие нематод.

В случае проведения экспертизы образца подкарантинной продукции, в частности, клубней картофеля или саженцев поражаемых культур, методика выделения нематод такая же, как описана ранее. Отличие заключалось в том, что исследуемый образец сначала помещали в ведро, заливали водой и отмывали от почвы. Позже воду в ведре размешивали стеклянной палочкой, но не по кругу, а как бы рисуя восьмёрку. После чего содержимому ведра давали отстояться в течение 30 сек. и далее сливали верхние 2/3 объёма воды на набор сит С30/50 с размером ячеек 2,0 мм, 0,16 мм и 0,04 мм из 3-х экземпляров. Сита промывали тонкой струёй проточной воды для снижения загрязнённости смыва. Со второго и третьего сит смывали осадки так же, как было описано для анализа с помощью цистовыделителя.

Идентификацию нематод проводили морфологическим методом, используя микропрепараты, с помощью светового микроскопа, опираясь на действующие нормативные документы, а также на литературные данные и фотографии [3,5] (рис.).

Сотрудниками лаборатории было исследовано 8 почвенных образцов и 63 образца картофеля, поступивших в лабораторию. Выделено свыше 80-ти особей нематод, в том числе относящихся к семейству *Longidoridae*. Кроме того, данным методом были выделены нематоды семейства *Rabbitidae*, *Heteroderidae* и другие, приготовлены временные микропрепараты, проведена их фотосъёмка. Нематоды вида *Xiphinema rivesi* D. обнаружены не были. Результаты проведения экспертизы почвы и растительного материала на предмет заражённости их нематодами представлены в табл. 2.





Рис. А – В: *Xiphinema Brevicollum*: А – передний конец тела, Б – В – задний конец тела самки, Г – Е: *Xiphinema paramonovi* (паратипы, с препаратов Н.Д. Романенко); Г – передний конец тела, Д – Е – задний конец тела самки, Ж – И: *Xiphinema pachaicum*: Ж – передний конец тела, З – И – задний конец тела самки, К - М: *Xiphinema rivesi* D.: К – передний конец тела, Л – М – задний конец тела самки [3]

Таблица 2. Результаты выявления и количественного учёта фитонематод в исследуемых образцах (лаборатория гельминтологии отдела карантина растений ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория», 2018)

Исследуемый образец	Число исследованных образцов	Выявленные виды	Число особей
Почва	8	<i>Longidorus Micoletzky</i>	11
		<i>Heterodera Schmidt</i>	8
Картофель	63	<i>Longidorus Micoletzky</i>	4
		<i>Globodera</i> spp.	3
		<i>Aphelenchus avenae</i>	2
		<i>Longidorus euonymus</i> Mali, Hooper	2
		<i>Rabbits</i> spp.	38
		<i>Pratylenchus</i> spp	10

**Выводы.** Представленный сотрудниками лаборатории метод позволяет комбинировать выделение многих видов нематод, в частности, вида *Xiphinema rivesi* D. и соответствует современным потребностям карантинных испытательных лабораторий, которым необходимо проводить экспертизу в сжатые сроки, в соответствии с уровнем их технического обеспечения. Метод может быть использован для выделения всех видов червеобразных почвообитающих нематод, как из почвенных образцов, так и из образцов других подкарантинных материалов.

#### Литература

1. [Электронный ресурс] URL: <https://gd.eppo.int/taxon/XIPHRI/distribution> (дата обращения: 24.12.2018).
2. **Berbez D.** The occurrence of virus vector nematodes in hops Poperinge (Belgium) with notes on vertical and horizontal distribution, population structure and population density. - Med. Fac. Landboum Rijksuniv. Gent, 1982, vol. 47, № 2, p. 741-755.
3. **Зиновьева С.В., Чижов В.Н.** Фитопаразитические нематоды России / Российская академия наук; Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова, Центр паразитологии. – М.: Из.: ООО "Товарищество научных изданий КМК", 2012. – 385 с.
4. **Handoo Z.A.** First report of *Xiphinema rivesi* Dalmasso, 1969 on citrus in northern Egypt, Pakistan/ Z.A. Handoo, I.K.A. Ibrahim, D.J. Chitwood, A.A. Mokbel // Journal of Nematology - 2015, Vol. 33(2): 161.
5. **СТО ВНИИКР 6.002-2016.** Золотистая картофельная нематода *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens и бледная картофельная нематода *Globodera* (Stone) Behrens. Правила проведения фитосанитарных обследований подкарантинных объектов и установления карантинной фитосанитарной зоны и карантинного фитосанитарного режима. – П. Быково, Московская область, 2016 (2010).

#### Literatura

1. [Электронный ресурс] URL: <https://gd.eppo.int/taxon/XIPHRI/distribution> (дата обращения: 24.12.2018).
2. **Vegbez D.** The occurrence of virus vector nematodes in hops Poperinge (Belgium) with notes on vertical and horizontal distribution, population structure and population density. – Med. Fac. Landboum Rijksuniv. Gent, 1982, vol. 47, № 2, p. 741-755.
3. **Zinov'eva S.V., Chizhov V.N.** Fitoparaziticheskie nematody Rossii / Rossijskaya akademiya nauk; Institut problem ehkologii i ehvolyucii im. A. N. Severcova, Centr parazitologii. – М.: Из.: ООО "Товарищество научных изданий КМК", 2012. – 385 с.
4. **Handoo Z.A.** First report of *Xiphinema rivesi* Dalmasso, 1969 on citrus in northern Egypt, Pakistan/ Z.A. Handoo, I.K.A. Ibrahim, D.J. Chitwood, A.A. Mokbel // Journal of Nematology - 2015, Vol. 33(2): 161.
5. **СТО ВНИИКР 6.002-2016.** Zolotistaya kartofel'naya nematoda *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens i blednaya kartofel'naya nematoda *Globodera* (Stone) Behrens. Pravila provedeniya fitosanitarnyh obsledovanij podkarantinnyh ob"ektov i ustanovleniya karantinnoj fitosanitarnej zony i karantinnoho fitosanitarnogo rezhima. – P. Bykovo, Moskovskaya oblast', 2016 (2010).

УДК 633.491;631.811.98

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11074

Соискатель **А.А. КОМАРОВ**  
(ФГБНУ ЛенНИИСХ, kommon@mail.ru)  
Доктор с.-х. наук **П.А. СУХАНОВ**  
(ФГБНУ АФИ, Pavel\_suhanov@mail.ru)  
Доктор с.-х. наук **А.А. КОМАРОВ**  
(ФГБНУ АФИ, zelenydar@mail.ru)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЕЙСТВИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

В настоящее время постоянно расширяются объемы и ассортимент использования различных гуминовых удобрений, что особенно актуально в условиях биологизации производства. По приблизительным оценкам в России постоянно применяют гуматы на площади около 3 млн. га, ежегодное их производство составляет около 2000 т, а общая потенциальная потребность в гуминовых продуктах оценивается примерно в 30000 т [1]. Однако не всегда гуминовые удобрения обеспечивают ожидаемые результаты. Необходимо учитывать, что гуминовые удобрения «удобрениями» называются весьма условно, поскольку не являются источниками минерального питания и ни в коей мере не заменяют их. Дело в том, что дозы применяемых гуматов не превышают доли процента в растворе баковой смеси, что в пересчете на посевную площадь составляет всего лишь несколько грамм на каждый гектар посевов. В то время как для обеспечения питания растений под планируемый урожай вносятся десятки и сотни килограммов минеральных удобрений, а дозы органических удобрений измеряются даже десятками, а иногда и сотнями тонн [2]. Вместе с тем установлено, что, если сами по себе гуматы и не служат источником минерального питания растений, то способствуют повышению коэффициента использования минеральных удобрений [3]. На этой основе гуматизированные растворы рекомендовано использовать вместе с удобрениями, гербицидами, фунгицидами [4,5]. Кроме того, за счет образования комплексных соединений гуматов с ионами металлов они могут играть существенную роль в генезисе почв и питании растений [5].

Эффект применения гуминовых препаратов и удобрений во многом зависит от того, насколько правильно определены способы обработки растений, включая оптимальную дозу используемого средства, способ использования (обработка почвы, клубней, вегетирующих растений с помощью некорневых подкормок) и выбор оптимальных сроков обработки. Эффективность гуминовых удобрений, используемых под различные культуры, показана в многочисленных работах, в том числе и в условиях Ленинградской области [6]. Особенности действия гуматов на различные растения и гипотетические механизмы их действия также представлены в многочисленных работах [6-9]. Однако споры о том, какое из гуминовых удобрений (препаратов) лучше, не затихают до сих пор. Судить о том, насколько эффективны различные гуматы, может помочь полевой эксперимент.

**Цель исследования** – оценка действия различных гуминовых удобрений на урожайность картофеля в условиях производственных посадок.

**Материалы, методы и объекты исследований.** Эксперименты проводились в производственных условиях ЗАО «Победа» Ломоносовского района Ленинградской области в 2011-2013 гг. Опыт с картофелем сорта Ред Скарлет закладывался и проводился согласно методическим указаниям [10]. Площадь каждой делянки не менее 1 га, учетной – 10-100 м.

В 2011 г. производственные испытания проводились на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, имеющей следующие агрохимические характеристики: содержание органического вещества – 4,21%; рН<sub>KCl</sub> – 6,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Кирсанову) – 451 мг/кг; K<sub>2</sub>O (по Кирсанову) – 797 мг/кг.

В 2012 г. производственные испытания на картофеле проводились на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, имеющей следующие

агрохимические характеристики: содержание органического вещества – 4,8%;  $pH_{KCl}$  – 6,0;  $P_2O_5$  (по Кирсанову) – 758 мг/кг;  $K_2O$  (по Кирсанову) – 373 мг/кг.

В 2013 г. производственные испытания на картофеле проводились на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, имеющей следующие агрохимические характеристики: содержание органического вещества – 4,6%;  $pH_{KCl}$  – 5,8;  $P_2O_5$  (по Кирсанову) – 518 мг/кг;  $K_2O$  (по Кирсанову) – 298 мг/кг.

Сезон 2011 г. был в целом благоприятным для возделывания картофеля с ГТК 1,44. Вегетационный период 2012 года характеризовался большей тепло- и влагообеспеченностью в сравнении с соответствующими среднегодовыми значениями. Усреднённый гидротермический коэффициент за вегетационный период 2012 г. составил 1,8, что выше среднестатистической многолетней величины. Сезон 2013 г. был наиболее благоприятным по агроклиматическим показателям, что обеспечило повышение биоклиматического потенциала до 2,3 (БКП).

При возделывании культуры применялась стандартная технология хозяйства (фон). В процессе возделывания культуры и ухода за посадками применялись все необходимые регламентируемые мероприятия: обработка почвы – дискование, вспашка, нарезка гребней, посадка, формирование гребней, окучивание; внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность; обработка пестицидами – после посадки Зенкор 1 кг/га; затем через 2 недели Зенкор 400 г/га, Титус 50 г/га; затем Браво, Ридомил, Каратэ; обработка клубней перед посадкой – Максим 4 литра на тонну. Дата посадки: в середине мая, норма посадки клубней – 55 тыс./га.

Основными объектами исследования служили гуминовые удобрения (препараты), полученные из разных органических материалов по разным технологиям.

*Гуминовые удобрения: «Дарина» («Благо»)* – органо-минеральное гуминовое удобрение, произведенное на основе озерного сапропеля. Фирма-производитель – ЗАО «Балтконверсия» (в настоящее время существует еще несколько фирм, производящих подобные удобрения из сапропеля, такие как «Флор-Гумат» и др.). Отличительная черта гуминовых удобрений из сапропеля – слабополимеризованная «рыхлая» молекулярная структура с небольшой (относительно гуминовых веществ почв) молекулярной массой.

Полное наименование: удобрение органо-минеральное гуминовое (ЛС), ряда «Дарина» марка высококонцентрированное. Согласно справочнику пестицидов и агрохимикатов, 2011 г., «Дарина» зарегистрирована в группе «удобрения минеральные». Регистрант: ЗАО «Балтконверсия». Регистрационный номер: 0723-07-206-228-0-0-0-1.

«Лигногумат» – концентрированные безбалластные гуминовые препараты, выпускаются по уникальной технологии переработки сырья, содержащего растительный лигнин, компанией ООО «НПО «РЭТ».

Отличительная черта удобрений серии «Лигногумат» – окислительно-гидролитическая трансформация лигнифицированного растительного материала с получением сополимеризованных (средне- и высокомолекулярных) лигниновых структур в сопряженном процессе деметоксилирования и карбоксилирования [6]. Коммерческий препарат «Лигногумат» имеет несколько марок: Марка А, Марка Б, Марка В, Марка ВМ, Марка В-NPK, Марка ВМ-NPK, Марка Д, Марка ДМ, Марка Д-NPK, Марка БМ, Марка В-Fe, Марка АМ, Марка ДМ-NPK, зарегистрирован в группе удобрения минеральные. Регистрант: ООО «НПО «РЭТ». Регистрационный номер: 0045-06-204-015-0-0-0-1. Этот продукт несколько отличается от модельного Лигногумата, особенности действия которого подробно изучены в наших более ранних работах [9,10].

«Стимулайф» – жидкое органо-минеральное удобрение. Производитель – ООО «Агрофизпродукт». Отличительная черта этого типа гуминовых препаратов состоит в том, что данный продукт получается при аммонолизе торфа в среде с 1% раствором водного аммиака в присутствии перекиси водорода. В результате получают конденсированные продукты с включением азота в гетероцикл [8]. Согласно справочнику пестицидов и агрохимикатов, 2011 г., «Стимулайф» зарегистрирован в группе «удобрения минеральные». Регистрант: ООО «Агрофизпродукт». Регистрационный номер: 1264-08-206-317-0-0-0-1.

«Идеал» – универсальное жидкое концентрированное натуральное органическое удобрение с повышенным содержанием гуминовых веществ. Производитель – ЗАО «МНПП «Фарт». Отличительная черта удобрения – биологическая вермикомпостная доработка органоматериала с ферментированным продуктом. Согласно справочнику пестицидов и агрохимикатов, 2011 г., «Идеал» Биогумус (Л) зарегистрирован в группе «органические удобрения». Регистрант: ЗАО МНПП "ФАРТ". Регистрационный номер: 25-9398(9399-9402)-0296-1.

Некорневые подкормки осуществлялись с использованием технических средств и при участии специалистов хозяйства.

В эксперименте испытывались различные гуминовые удобрения: «Дарина», «Лигногумат», «Идеал», «Стимулайф». Повторность опытов 4-кратная. Внесение всех исследуемых препаратов производилось в строго рекомендуемых каждым производителем дозах исходя из расчетной нормы некорневой подкормки 300 л/га. Препараты в виде некорневой подкормки применялись в период цветения растений картофеля.

**Результаты исследования.** На основании проведенных полевых экспериментов было установлено, что в целом все использованные в опыте гуминовые удобрения оказывали позитивное влияние на урожайность картофеля. Однако по годам исследований, в зависимости от меняющихся погодных условий, проявилась некоторая специфика действия гуматов. Так, в условиях 2011 года (табл.1) почти все примененные удобрения давали прибавку урожайности картофеля по сравнению с технологией, применяемой в хозяйстве.

Таблица 1. Влияние гуминовых удобрений на урожайность картофеля в 2011 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
«Фон» (хозяйственная технология)	30,2	-	-
«Идеал»	30,8	+0,6	2,0
«Лигногумат»	33,8	<b>+3,6</b>	11,9
«Дарина»	34,2	<b>+4,0</b>	13,2
«Стимулайф»	34,6	<b>+4,4</b>	14,6

НСР<sub>05</sub> 2,9 т/га

Статистическая обработка экспериментальных данных с помощью дисперсионного анализа показала на существенное влияние изучаемого фактора (гуматов) на результаты эксперимента (при  $F_{\text{факт.}} 3,3 > F_{\text{табл.}} 3,06$ ). Наименьшая существенная разность (НСР<sub>05</sub>) отмечена для «Стимулайфа», «Дарины» и «Лигногумата». Однако для удобрения «Идеал» хоть и наблюдалась тенденция к увеличению урожайности, но не была получена достоверная прибавка урожая (табл.1.).

Из всех оцениваемых гуматов наибольшую прибавку (4,4 т/га, или 14,6%) обеспечивало использование «Стимулайфа». Несколько меньшую прибавку давало использование «Дарины» (4,0 т/га, или 13,2%). «Лигногумат» занял третье место (прибавка 3,6 т/га, или 11,9%). Какое из испытываемых удобрений было лучшим? Поскольку в условиях сезона 2011 г. статистически достоверных различий по эффективности действия сравниваемых гуминовых препаратов «Дарина», «Лигногумат» и «Стимулайф» в рекомендуемых производителями дозах на урожайность картофеля не проявилось, ответить однозначно на этот вопрос оказалось невозможным. Относительно всех оцениваемых гуматов можно выделить лишь некоторую тенденцию более значимого отклика по урожайности картофеля на применение удобрения «Стимулайф».

Во второй год производственных испытаний были внесены некоторые коррективы. Из схемы опыта был исключен вариант с использованием гуминового удобрения «Идеал», как показавший наименьший урожайный результат и утерявший перспективу применения в условиях производства. При учёте результатов эксперимента, как и в предыдущем году, была установлена существенная прибавка урожайности картофеля по отношению к

хозяйственному фону на всех вариантах применения гуминовых удобрений (табл.2). Однако прибавка урожайности по различным видам гуматов распределилась не так, как в условиях предыдущего года исследований. Наибольшую прибавку урожайности обеспечивало применение удобрения «Стимулайф» – 27,3%, или 9,2 т/га. Несколько меньшую прибавку (7,2 т/га 21,4%) обеспечило использование «Лигногумата». Применение «Дарины» дало наименьшую прибавку среди всех оцениваемых гуматов (6,8 т/га, или 20,2%). Причем, как в условиях сезона 2011 г., так и в 2012 г., не наблюдалось статистически достоверных различий по эффективности действия между сравниваемыми гуминовыми удобрениями. Вместе с тем относительно всех остальных гуматов подтвердилась тенденция получения более значимого урожайного отклика от удобрения «Стимулайф».

Таблица 2. Влияние гуминовых удобрений на урожайность картофеля в 2012 г.

Варианты	Средняя урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль (фон хозяйственный)	33,7	-	-
«Дарина»	40,5	<b>6,8</b>	20,2
«Лигногумат»	40,9	<b>7,2</b>	21,4
«Стимулайф»	42,9	<b>9,2</b>	27,3
НСР <sub>05</sub>		4,2	

Материалы статистической обработки экспериментальных данных с помощью дисперсионного анализа показали, что фактор F оказывает существенное влияние на случайную величину. Для проверки нулевой гипотезы уровня значимости  $\alpha=0.05$ , чисел степеней свободы 3 и 12 из таблицы распределения Фишера-Снедекора находим  $f_{\text{табл.}}(0,05; 3; 12) = 3,49$ . В связи с тем, что  $f_{\text{факт.}} 4,6 > f_{\text{табл.}} 3,49$ , нулевую гипотезу о существенном влиянии фактора на результаты экспериментов принимаем, а нулевую гипотезу о равенстве групповых средних отвергаем. То есть групповые средние (действие гуматов) в целом различались в опыте значимо.

В условиях 2013 г. влияние гуминовых удобрений проявилось следующим образом (табл.3).

Таблица 3. Влияние гуминовых удобрений на урожайность картофеля в 2013 г.

Варианты	Средняя урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль (фон хозяйственный)	36,8	-	-
«Дарина»	39,0	2,2	6,0
«Лигногумат»	42,7	5,9	16,0
«Стимулайф»	43,2	6,4	17,4

НСР<sub>05</sub> 4,4 т/га

Fфакт. 4,6 > F табл. 3,49

Результаты полевого эксперимента 2013 г. подтверждают все ранее отмеченные особенности действия разных гуминовых удобрений на урожайность картофеля. Существенная прибавка урожайности картофеля по отношению к хозяйственному фону наблюдалась на всех вариантах применения гуминовых удобрений. Наибольшую прибавку урожайности, как и в условиях предыдущих лет исследований, обеспечивало применение удобрения «Стимулайф» – 17,4% или 6,4 т/га. Несколько меньшую прибавку (5,9 т/га, или 16%) обеспечило использование «Лигногумата». Применение «Дарины» дало наименьшую прибавку среди всех оцениваемых гуматов (2,2 т/га, или 6,0%). Причем, как в условиях предыдущих сезонов исследований, не наблюдалось статистически достоверных различий по эффективности действия всех сравниваемых гуминовых удобрений.

Сравнительное испытание эффективности действия различных гуминовых удобрений показало, что среди всех оцениваемых гуминовых удобрений во все годы проведения эксперимента «Стимулайф» оказывал наибольший положительный эффект на урожайность картофеля.

Важное значение имеет влияние тех или иных удобрений на качество производимой продукции. Как известно, одним из основных показателей качества, определяющим ценность картофеля, является содержание в клубнях крахмала. Оценка влияния различных гуминовых удобрений на качество картофеля представлена в табл. 4.

Таблица 4. Влияние гуминовых удобрений на показатели качества картофеля

Варианты опыта	Сухое вещество		Нитраты, мг/кг	Крахмал	
	%	т/га		%	т/га
«Фон» (техн. хоз-ва)	16,3	4,92	274	10,6	3,17
«Идеал»	16,5	5,08	138	13,0	4,00
«Дарина»	14,0	4,79	281	12,5	4,28
«Лигногумат»	15,4	5,20	245	13,1	4,43
«Стимулайф»	16,3	5,63	159	12,9	4,46

По содержанию сухого вещества в клубнях отмечено варьирование показателей в зависимости от вида гуминового удобрения. Содержание нитратов почти на всех вариантах опыта было ниже уровня ПДК (250 мг/кг продукта натуральной влажности). Исключение составляло применение препаратов «Дарина», где было отмечено накопление нитратов до 281 мг/кг. Среди всех испытываемых гуминовых препаратов наименьшее накопление нитратов отмечено при использовании «Стимулайфа» – 159 мг/кг, что на 115 мг/кг ниже, чем на варианте с хозяйственным фоном и на 57% ниже ПДК.

Значительное увеличение содержания крахмала в клубнях наблюдалось в опытах (с 10,5 до 12,5-14,4%) после обработки растений всеми испытываемыми препаратами. Сбор крахмала с единицы площади увеличивался в зависимости от вида удобрений: с 3,17 т/га на хозяйственном фоне до 4,0 т/га «Идеал» (на 26%); 4,28 т/га «Дарина» (на 35%); 4,43 т/га «Лигногумат» (более чем на 39%). Среди всех исследуемых гуминовых удобрений наилучший результат был получен при использовании препарата «Стимулайф». По сбору крахмала (4,46 т/га с обработанной площади) препарат «Стимулайф» обеспечил увеличение сбора крахмала более чем на 40% по отношению к хозяйственному фону.

**Выводы.** На высококультурных дерново-подзолистых почвах сравнительное испытание разных гуминовых удобрений показало их высокую эффективность при возделывании картофеля в условиях Северо-Запада РФ. Вместе с тем необходимо помнить, что сами по себе гуминовые удобрения (препараты) не заменяют микроэлементные и иные удобрения, а могут применяться в качестве средств коррекции урожая. Можно отметить, что среди оцениваемых гуминовых удобрений несколько большую прибавку урожая обеспечивало использование удобрения «Стимулайф». Прибавка за 3 года исследований варьировала в пределах (4,4 – 9,2 т/га, или 14,6 – 27,3%).

Отмечено значительное увеличение содержания крахмала в клубнях картофеля при использовании гуминовых удобрений. Сбор крахмала с единицы площади увеличивался в зависимости от вида удобрений: с 3,17 т/га на хозяйственном фоне до 4,0 т/га «Идеал» (на 26%); 4,28 т/га «Дарина» (на 35%); 4,43 т/га «Лигногумат» (более чем на 39%). Среди всех исследуемых гуминовых удобрений наилучший результат был получен при использовании препарата «Стимулайф». По сбору крахмала (4,46 т/га с обработанной площади) препарат «Стимулайф» обеспечил увеличение сбора крахмала более чем на 40% по отношению к хозяйственному фону. Кроме того, использование гуминового удобрения «Стимулайф» способствовало уменьшению накопления нитратов в продукции.

## Литература

1. **Пузанов В.И.** Перспективы применения гуматов // Дождевые черви и плодородие почв: материалы 2-й междунар. научно-практ. конф. – Владимир: X-Press, 2004. – С. 276.
2. **Пироговская Г.В.** Поступление, потери элементов питания растений в системе «атмосферные осадки-почва-удобрение-растение». – Минск: Беларуская навука, 2018. – 227 с.
3. **Дмитриченко Е. Ф.** Влияние гуминовых препаратов на формирование продуктивности и качества картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве: дис. ... канд. с.-х. наук. – Пенза, 2009. – 167 с.
4. **Карпухин А.И., Касатников В.А.** Комплексные соединения гумусовых кислот с ионами металлов в генезисе почв и питании растений. – М., 2007. – 238 с.
5. **Петриченко В.Н., Николаев Г.И.** Продуктивность картофеля в зависимости от агрофона, гуминовых удобрений и регуляторов роста растений // Агрохимический вестник. – 2012. – №2. – С. 28-30.
6. **Комаров А.А.** Роль гидролизного лигнина в плодородии почв и питании растений: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. – СПб.: АФИ, 2004. – 48 с.
7. **Комаров А.А.** Некоторые рассуждения о действии гуминовых препаратов на растения // Агрохимический вестник. – 2009. – №6. – С. 28-29.
8. **Комаров А.А., Баева С.С., Якушев В.В.** Новое органо-минеральное удобрение «Стимулайф» направленного физиологического действия // Совершенствование системы регистрационных испытаний агрохимикатов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – М., 2009. – С. 15-18.
9. **Комаров А.А., Суханов П.А.** Некоторые рассуждения о конкуренции гуминовых препаратов // Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях с.-х. культур: материалы докладов участников VI Совещания-семинара «Анапа-2010». – М.: ВНИИА, 2010. – С. 66-70.
10. **Методические указания** по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов и регуляторов роста растений. – М., 2005.

## Literatura

1. **Puzanov V.I.** Perspektivy primeneniya gumatov // Dozhdevye chervi i plodorodie pochv: materialy 2-j mezhd. nauchno-prakt. konf. – Vladimir: X-Press, 2004. – S. 276.
2. **Pirogovskaya G.V.** Postuplenie, poteri ehlementov pitaniya rastenij v sisteme «atmosfernye osadki-pochva-udobrenie-rastenie». – Minsk: Belaruskaya navuka, 2018. – 227 s.
3. **Dmitrichenko E. F.** Vliyanie guminovyh preparatov na formirovanie produktivnosti i kachestva kartofelya na dernovo-podzolistoj supeschanoj pochve: dis... kand. s.-h. nauk. – Penza, 2009. – 167 s.
4. **Karpuhin A.I., Kasatnikov V.A.** Kompleksnyye soedineniya gumusovyh kislot s ionami metallov v genezise pochv i pitanii rastenij. – M., 2007. – 238 s.
5. **Petrichenko V.N., Nikolaev G.I.** Produktivnost' kartofelya v zavisimosti ot agrofona, guminovyh udobrenij i regulyatorov rosta rastenij // Agrohimičeskij vestnik. – 2012. – №2. – S. 28-30.
6. **Komarov A.A.** Rol' gidroliznogo lignina v plodorodii pochv i pitanii rastenij: avtoref. dis. ... doktora s.-h. nauk. – SPb.: AFI, 2004. – 48 s.
7. **Komarov A.A.** Nekotorye rassuzhdeniya o dejstvii guminovyh preparatov na rasteniya // Agrohimičeskij vestnik. – 2009. – №6. – S. 28-29.
8. **Komarov A.A., Baeva S.S., Yakushev V.V.** Novoe organo-mineral'noe udobrenie «Stimulajf» napravlenno go fiziologičeskogo dejstviya // Sovershenstvovanie sistemy registracionnyh ispytanij agrohimičkatov: materialy Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii. – M., 2009. – S. 15-18.
9. **Komarov A.A., Suhanov P.A.** Nekotorye rassuzhdeniya o konkurencii guminovyh preparatov // Perspektivy ispol'zovaniya novyh form udobrenij, sredstv zashchity i regulyatorov rosta rastenij v agrotekhnologiyah s.-h. kul'tur: materialy dokladov uchastnikov VI Soveshchaniya-seminara «Anapa-2010». – M.: VNIIA, 2010. – S. 66-70.
10. **Metodicheskie ukazaniya** po provedeniyu registracionnyh ispytanij agrohimičkatov i regulyatorov rosta rastenij. – M., 2005.



УДК 631.11

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11080

Канд. техн. наук **П.Е. БАЛАНОВ**  
(Университет ИТМО, balanov@yandex.ru)  
Канд. техн. наук **И.В. СМОТРАЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, irinasmotraeva@yandex.ru)  
Аспирант **М.С. АЛЕКСЕЕВА**  
(Университет ИТМО, alexeevams@mail.ru)

## РОССИЙСКАЯ СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТЛОГО И ТЕМНОГО ПШЕНИЧНОГО КВАСА

Современная индустрия напитков производит очень большое количество безалкогольной продукции. Это напитки на основе сахарного сырья с добавлением вкусоароматических компонентов. Это может быть плодово-ягодное сырьё (соки, эссенции, настои), но также и сырьё, полученное путем химического синтеза (искусственные ароматизаторы, красители, консерванты). Современный российский потребитель стал существенно более разборчивым в продукции и хочет приобретать пищевые товары, произведенные из максимально натурального сырья, по понятным ему технологиям.

В связи с этим квас является замечательным примером продукции, которая производится из натурального зернового сырья и воспринимается покупателем, как товар без искусственных ингредиентов.

Ассортимент кваса в Российской Федерации и Таможенном Союзе сегодня очень велик. Производители борются за потребителя разнообразными средствами: рекламой, различной привлекательной тарой, новыми вкусами и т.д. Эти положительные явления имеют объективное сырьевое ограничение. Привычный потребителю квас изготавливается из ржаного сырья, вкусовая гамма которого, безусловно, широка, однако всё-таки ограничена его объективным физико-химическим составом.

В этом смысле использование иного зернового сырья, например, пшеницы, позволяет раскрыть вкусовую палитру кваса в совершенно новом направлении. Тем более что пшеница до начала XX века являлась сырьем, которое использовалось в производстве кваса наравне с другими злаками, а зачастую и в большей степени.

Обобщенно промышленную технологию производства кваса можно представить следующим образом:

- получение солода;
- получение квасного сусла;
- сбраживание квасного сусла;
- доведение кваса до технологических кондиций;
- стабилизация и розлив кваса.

Особенности пшеничного сырья позволяют получать как светлый пшеничный квас, так и темный. В связи с этим и технология получаемого солода отличается.

Современные промышленные реалии зачастую не позволяют производителю работать напрямую с зерновым сырьем, гораздо удобнее и экономичнее использовать концентрат квасного сусла.

Современная отечественная промышленность производит ограниченное количество пшеничного солода, а темного пшеничного солода ещё меньше. Концентрат из светлого и темного пшеничного солода не производится вообще. Поэтому зачастую приходится пользоваться импортным сырьем, которое имеет высокую стоимость и все сопутствующие импортные риски.

В связи с этим работа над российской сырьевой базой по получению такого сырья представляется весьма актуальной.

Проблематика получения пшеничного солода, в том числе темного, в недостаточной мере освещена в литературе.

**Цель исследования** – получение пшеничного кваса и концентрата квасного сусла из российского темного и светлого пшеничного солода.

Концентрат квасного сусла – это очень удобный продукт для пищевой промышленности, он может использоваться не только для производства кваса, но и в кондитерской, хлебопекарной и других отраслях пищевой индустрии. Он представляет собой вязкую, но достаточно пластичную для транспортировки по трубопроводам жидкость.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Выпаривание воды осуществлялось на ротационной вакуумной установке RE-5000 5L lab rotavapor.

У концентрата квасного сусла, полученного промышленным путем, массовая доля сухих веществ должна быть  $70\pm 2\%$ , титруемая кислотность должна быть от 16 до 40 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси натрия концентрацией 1,0 моль/дм<sup>3</sup> на 100 г продукции [1].

Для измерения содержания сухих веществ в получаемых концентратах и в готовом квасе использовался ареометрический метод по ГОСТ 6687.2-90 [2].

Для измерения кислотности в сусле перед брожением в готовом квасе использовался титриметрический метод по ГОСТ 6687.4-90 [3].

Для измерения содержания спирта в квасе во время брожения и в готовом квасе использовался дистилляционный метод по ГОСТ 6687.4-90 [4].

Сенсорные показатели продукции определялись с помощью балльных оценок и построения по ним профилограмм.

Окислительно-восстановительный потенциал исследуемых образцов измерялся потенциометрическим способом электродами, которые готовятся по ГОСТ Р 8.702-2010 [5].

**Результаты исследования.** Для получения кваса использовались пять рецептов, представленных в табл. 1. Все эти образцы были сброжены с использованием чистой культуры дрожжей штамма *Tum127* в количестве 11 млрд клеток/л и трех штаммов молочнокислых бактерий: *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus plantarum*. и *Lactobacillus brevis*.

Таблица 1. Рецепттура образцов кваса

№ рецептуры	Светлый пшеничный солод, %	Темный пшеничный солод, %
1	100	-
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	-	100

Образцы сбразживались по хорошо зарекомендовавшей себя технологии, апробированной в предыдущих исследованиях [6, 7]. Данные по динамике брожения представлены в табл. 2.

В результате эксперимента было установлено, что динамика и конечные показатели кваса в целом соответствуют нормативным характеристикам. Окислительно-восстановительный потенциал систем при брожении увеличивался, что говорит об обильном накоплении продуктов метаболизма дрожжей и молочнокислых бактерий.

На рис. 1 представлена фотография получившихся образцов.

Органолептические характеристики образцов, в отличие от физико-химических данных, оказались очень разнообразны. Это связано с тем, что вещества, определяющие сенсорную продукцию продукта, находятся в количестве, хорошо ощутимом человеком, но в концентрациях, не влияющих существенно на базовые показатели.

Наиболее привлекательными с точки зрения органолептики оказались образцы из 100% пшеничного солода, сброженные молочнокислыми бактериями штамма *Lactobacillus plantarum*, и 75% темного пшеничного солода, сброженный молочнокислыми бактериями штамма *Lactobacillus fermenti*.

Таблица 2. Динамика брожения кваса

Дрожжи	МКБ	Рецептура	Показатели до брожения *				Показатели после брожения *			
			$\rho$ нач. %	V, % об.	Кислота	Eh, В	$\rho$ конеч. %	V, % об.	Кислота	Eh, В
Дрожжи TUM 175, 11 млрд/л	Lact. ferm.	I	11,1	-	-	0,088	9,5	1,0	1,5	0,203
		II	10,8			0,106	9,3	1,4	1,45	0,195
		III	10,8			0,123	9,4	1,2	1,45	0,195
		IV	11,3			0,141	9,3	1,3	1,45	0,194
		V	11,3			0,162	9,5	1,0	1,5	0,197
	Lact. plant.	I	11,1			0,088	9,5	1,0	1,4	0,201
		II	10,8			0,106	9,6	1,1	1,5	0,200
		III	10,8			0,123	9,7	1,8	1,55	0,200
		IV	11,3			0,141	9,2	1,5	1,5	0,202
		V	11,3			0,162	9,5	1,3	1,55	0,201
	Lact. brevis	I	11,1			0,088	9,5	1,0	1,6	0,207
		II	10,8			0,106	9,5	1,1	1,6	0,207
		III	10,8			0,123	9,6	1,1	1,55	0,204
		IV	11,3			0,141	9,5	1,0	1,6	0,205
		V	11,3			0,162	9,8	1,8	1,6	0,208

\* Показатели:

 $\rho$  нач. – массовая доля сухих веществ в начальном сусле, % $\rho$  конеч. – массовая доля сухих веществ в конечном сусле, %

V – объемная доля спирта, % об.;

кислотность - см<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия концентрацией 1,0 моль/дм<sup>3</sup> на 100 г продукции;

Eh – окислительно-восстановительный потенциал, Вольт.



Рис. 1. Образцы пшеничного кваса с различным количественным соотношением светлого и темного солода: от 100% засыпи светлого солода до 100% засыпи темного неферментированного солода (слева направо)

На рис. 2 представлены сенсорные профили этих образцов.

Отобранный образец светлого пшеничного кваса обладал освежающим кисло-сладким вкусом, с медовыми и цветочными оттенками аромата. Темный пшеничный квас обладал глубокой экстрактивностью и приятными кофейными нотками в аромате.

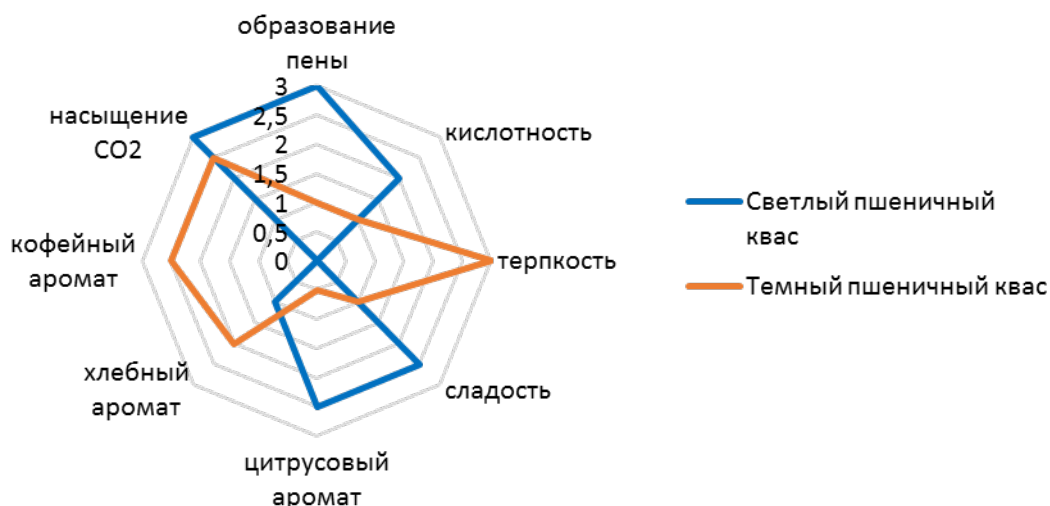


Рис. 2. Органолептический профиль образцов пшеничного кваса

Для приготовления концентратов пшеничного сула изначально готовилось квасное суло из светлого и темного пшеничного солода в следующей последовательности:

1. Дробление светлого/темного пшеничного солода.
2. Затирание зернопродуктов с водой при различных температурах.
3. Фильтрация квасного сула с отделением солодовой дробины.

Полученное суло подвергалось сгущению на вакуумном испарителе. При этом в процессе испарения измерялся его объём и массовая доля сухих веществ. Результаты приведены на рис. 3.

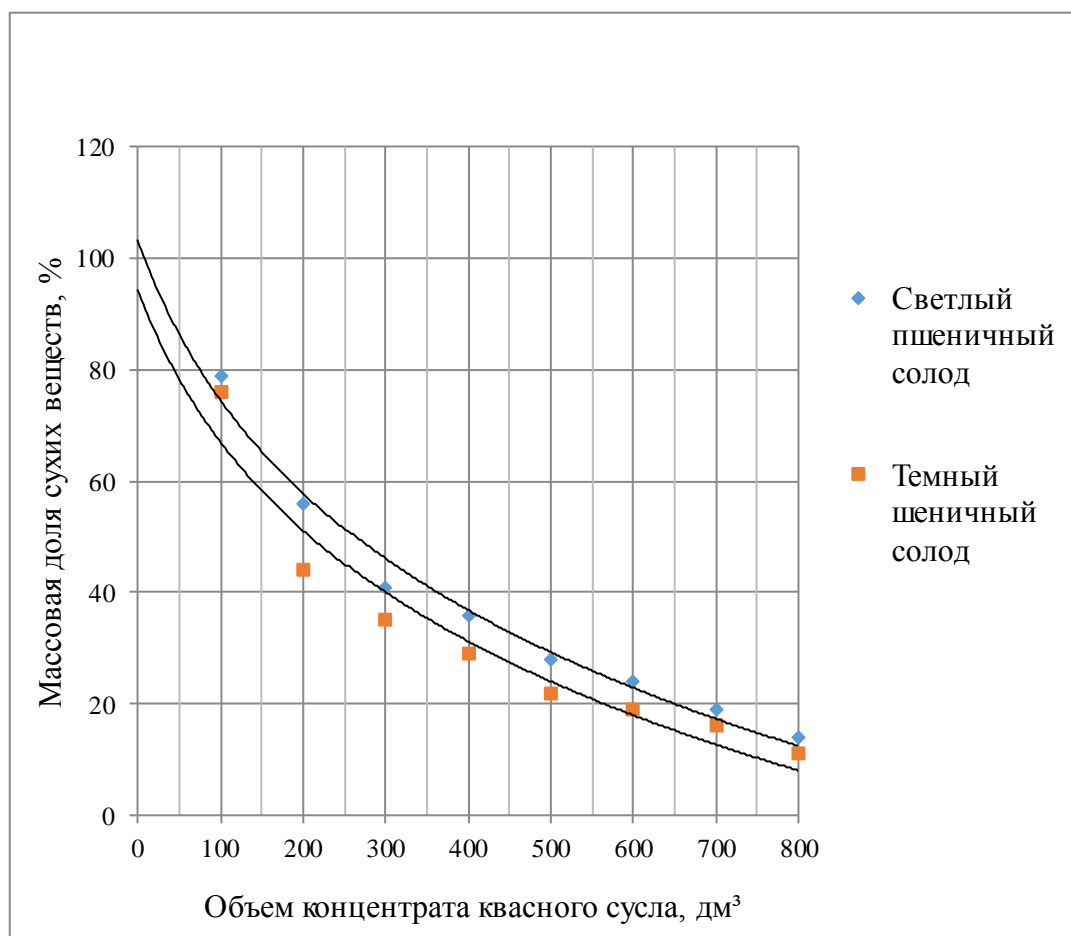


Рис. 3. Кинетика изменения концентрации сула в зависимости от испаряемого объема жидкости

Рассматривая динамику получения концентрата на рис. 3, можно отметить, что изменение концентрации происходит обратно пропорционально изменению объема. То есть, чем меньше становится сусле, по мере выпаривания, тем больше его концентрация.

Нормированное значение концентрации сухих веществ находится в диапазоне 68-72% [1], этих значений можно добиться при конечном объеме, примерно 150 см<sup>3</sup>, при представленных стартовых условиях.

Если стартовые условия будут безотносительными (т.е. начальный объем – произвольный), то можно сказать, что потребуется выпарить примерно 80% воды для достижения желаемого результата.

В результате полученных исследований были получены образцы, фотография которых представлена на рис. 4.

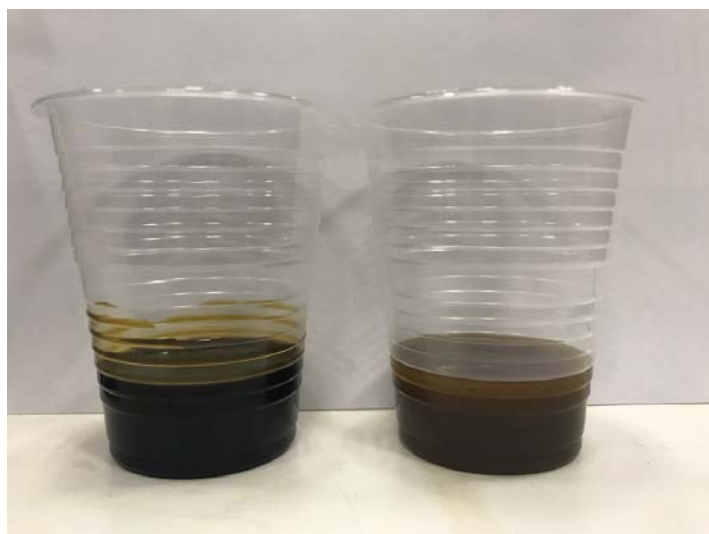


Рис. 4. Фотография полученных концентратов из темного и светлого пшеничного солода (слева направо)

Полученные образцы соответствовали представленным в нормативных документах данным [1].

**Выводы.** В результате проведенных экспериментов было установлено:

1. Динамика брожения пшеничного кваса похожа на динамику брожения кваса из ржаного сырья.
2. Физико-химические показатели готового пшеничного кваса укладываются в российские нормативы, предъявляемые к этому продукту.
3. Для получения светлого пшеничного кваса рекомендуется штамм молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*. Стартовая засыпь светлого пшеничного солода 100%.
4. Для получения темного пшеничного кваса рекомендуется штамм молочнокислых бактерий *Lactobacillus fermenti*. Стартовая засыпь темного пшеничного солода 75%, светлого пшеничного солода 25%.
5. Для получения концентрата квасного сусла из светлого и темного пшеничного солода целесообразно использовать роторно-вакуумную выпарную установку.
6. Получаемый концентрат светлого и темного сусла соответствует российским нормативам.
7. Для получения светлого и темного пшеничного кваса можно и нужно использовать пшеницу, солод и концентрат квасного сусла полученного в Российской Федерации.

#### Литература

1. ГОСТ 28538-90 Концентрат квасного сусла, концентраты и экстракты квасов. Технические условия.
2. ГОСТ 6687.2-90 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ.

3. **ГОСТ 6687.4-86** Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Метод определения кислотности.
4. **ГОСТ 6687.7-88** Напитки безалкогольные и квасы. Метод определения спирта.
5. **ГОСТ Р 8.702-2010** Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Электроды для определения окислительно-восстановительного потенциала. Методика поверки.
6. **Алексеева М.С.** Разработка рецептуры и технологии кваса из пшеничного сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 10(121). – С. 151-155.
7. **Алексеева М.С.** Сравнение сенсорных и физико-химических свойств кваса из пшеничного и ржаного сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета – 2018. – № 3(138). – С. 273-277.

### Literatura

1. **GOST 28538-90** Koncentrat kvasnogo susla, koncentraty i ehkstrakty kvasov. Tekhnicheskie usloviya.
2. **GOST 6687.2-90** Produkciya bezalkogol'noj promyshlennosti. Metody opredele-niya suhih veshchestv.
3. **GOST 6687.4-86** Napitki bezalkogol'nye, kvasy i siropy. Metod opredeleniya kislotnosti.
4. **GOST 6687.7-88** Napitki bezalkogol'nye i kvasy. Metod opredeleniya spirta.
5. **GOST R 8.702-2010** Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). EHlektrody dlya opredeleniya okislitel'no-vosstanovitel'nogo potenciala. Metodika poverki.
6. **Alekseeva M.S.** Razrabotka receptury i tekhnologii kvasa iz pshenichnogo syr'ya // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universi-teta. – 2016. – № 10(121). – S. 151-155.
7. **Alekseeva M.S.** Sravnenie sensoryh i fiziko-himicheskikh svojstv kvasa iz pshenichnogo i rzhanogo syr'ya // Vestnik Krasnoyarskogo gosudar-stvennogo agrarnogo universiteta – 2018. – № 3(138). – S. 273-277.

УДК 636.2.082.22

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11086

Доктор с.-х. наук **О.В. ГОРЕЛИК**  
(ФГБОУ ВО УрГАУ, olgao205en@yandex.ru)  
Канд. биол. наук **С.Ю. ХАРЛАП**  
(ФГБОУ ВО УрГАУ, proffuniver@yandex.ru)

### МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ

Скотоводство – ведущая отрасль животноводства, обеспечивающая производство высокоценных продуктов питания – молока, говядины и телятины, а также кожевенного и другого сырья для промышленности. Эта отрасль является основным источником получения молока, поставяет более половины всего производимого мяса, кожевенное и другое сырье хозяйства. Доля товарной продукции скотоводства в общей стоимости продукции животноводства во многих странах мира составляет более 50% [1, 2].

На молочную продуктивность коров оказывает влияние множество факторов, таких как наследственность, порода, физиологическое состояние животного, стадия лактации, упитанность, кормление, возраст, содержание, технология доения [3, 4].

В мировой практике принято считать, что молочная продуктивность коров зависит на 50-60% от уровня кормления и качества кормов, на 20-25% – от селекционной работы и воспроизводства, на 20-25% – от условий содержания и технологии доения [5].

Изучение влияния технологии производства молока, в том числе условий содержания животных, на продуктивные качества коров является актуальным, научно обоснованным направлением исследований.

**Цель исследований** – изучить продуктивные качества коров при разных способах содержания.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были проведены в хозяйствах Свердловской области. Для проведения исследований было подобрано 2 корпуса комплекса, которые различались по содержанию коров и, соответственно, условиями доения (доильными установками). Кормление животных было однотипным: полнорационными кормовыми смесями с использованием кормов собственного производства. 1 группа (контрольная) – коровы содержались на привязи, доение коров производилось на линейной установке с использованием доильного агрегата АДМ-8; 2 группа – коровы находились на беспривязном содержании, доение осуществлялось доильным роботом компании DeLaval.

Объектом исследования явились полновозрастные коровы голштинизированного черно-пестрого скота с законченной третьей лактацией. Была проведена оценка продуктивных качеств коров.

Молочную продуктивность коров оценивали за всю лактацию, за первые 305 дней лактации, по контрольным дойкам – 1 раз в месяц. Содержание жира и белка определяли 1 раз в месяц на приборе Лактан – 4М. Рассчитывали количество молочного жира и молочного белка, полученного от коровы за лактацию. Санитарно-гигиенические показатели молока оценивали 1 раз в месяц.

**Результаты исследований.** При содержании молочного скота применяют два способа содержания – привязное и беспривязное. Широкое распространение имеет привязное содержание молочного скота в сочетании с разными вариантами механизации отдельных технологических операций. На фермах с привязным содержанием коров размещают в стойлах на привязи. Ряды стойл вдоль коровника оборудованы кормовыми и навозными проходами. Для удобства применения мобильных кормораздатчиков стойловое

оборудование размещено так, чтобы коровы находились с двух сторон кормового прохода головами друг к другу. В двухрядном коровнике навозные проходы предусматривают у стен, а в четырехрядном – два навозных прохода у стен и один (центральный) посередине.

При беспривязном содержании важно учитывать поведение (этологию) животных. У крупного рогатого скота установлена высокая степень стадной организованности. В каждой сформированной группе в первые дни наблюдается доминирование (господство) одного животного и подчиненность других. Изменение состава группы животных вызывает у них стресс, который относится к технологическим. Это, в свою очередь, приводит к нарушению различных физиологических функций организма и снижению продуктивности коров. Для снижения влияния технологических стрессов при беспривязном содержании, необходимо стремиться к поддержанию постоянного состава групп и укомплектованию их более однородными по физиологическому состоянию животными. Кроме того, необходимо строго соблюдать установленный распорядок дня. При беспривязном содержании создаются лучшие условия для механизации основных производственных процессов, значительно сокращаются затраты труда на уход за животными. Совершенствование технологии и доильного оборудования является действенным и эффективным средством повышения культуры ведения отрасли молочного животноводства. Таким образом, при беспривязном содержании коров большое значение приобретает однородность стада по развитию животных, продуктивности, пригодности к машинному доению, поведению и т. д. Свободное движение коров позволяет животным вести себя естественно, проявлять сигналы, например чесаться, сохранять в стаде спокойствие, соблюдать иерархию, обеспечивать посещаемость робота, то есть необходимую кратность доения.

В табл. 1 представлены данные о молочной продуктивности коров при разных способах содержания.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров при разных способах содержания

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Удой на фуражную корову за год, кг	7638±0,45	7959±0,2**
Продуктивность за 305 дней лактации, кг	7234±0,2	7917±0,2**
Суточный удой, кг	23,72±0,96	25,96±0,2*
Жир, %	3,76±0,2	3,88±0,2
Белок, %	3,06±0,2	3,11±0,2
Молочный жир, кг	271,99±0,2	307,17±0,2*
Молочный белок, кг	221,36±0,2	246,21±0,2
Количество жира и белка, кг	493,35±0,2	553,38±0,2*
Молоко базисной жирности, кг	8212,4±0,2	9034,7±0,2*
Количество соматических клеток в сборном молоке, тыс./мл	822±0,12	194±0,2*

Примечание: P ≤ 0,05\* P ≤ 0,01\*\* P ≤ 0,001\*\*\*

Из данных табл. 1 можно сделать вывод, что молочная продуктивность коров при привязном содержании и доении в молокопровод АДМ-8 достоверно ниже почти по всем показателям, по сравнению с продуктивностью коров, содержащихся беспривязно, и доение которых проходило с применением роботизированной техники. Количество соматических клеток в сборном молоке снижается с 822 тыс./мл до 92-210 тыс./мл, или практически в 3 раза при роботизированном доении.

Для более полного анализа был проведен сравнительный анализ молочной продуктивности используемых на предприятии доильных установок со средними показателями по стаду (табл. 2).



Таблица 2. Молочная продуктивность коров в сравнении со средним по стаду

Показатель	В целом по хозяйству	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Удой на фуражную корову за год, кг	7011±0,2	7638±0,45	7959±0,2**
Продуктивность за 305 дней лактации, кг	7461±0,15	7234±0,2	7917±0,2**
Суточный удой, кг	24,4±0,45	23,72±0,96	25,96±0,2*
Жир, %	3,74±0,15	3,76±0,2	3,88±0,2
Белок, %	3,1±0,45	3,06±0,2	3,11±0,2
Молочный жир, кг	279,04±0,19	271,99±0,2	307,17±0,2*
Молочный белок, кг	231,21±0,15	221,36±0,2	246,21±0,2
Количество жира и белка, кг	510,25±0,45	493,35±0,2	553,38±0,2*
Молоко базисной жирности, кг	8207,1±0,15	8212,4±0,2	9034,7±0,2*

Примечание: P ≤ 0,05\* P ≤ 0,01\*\* P ≤ 0,001\*\*\*

Из представленных данных табл. 2 видно, что удой на фуражную корову в целом от 1260 коров дойного стада составил 7011 кг. Проведенная реконструкция старых корпусов по облегченной ресурсосберегающей технологии с переводом на беспривязное содержание и покупка роботизированной технологии машинного доения коров вывела показатели производства молока на более высокий уровень, но основное поголовье пока находится на привязном содержании, и уровень их продуктивности остался на прежнем уровне.

Из полученных данных, представленных в табл. 3, видно, что при привязном содержании коров и доении в молокопровод АДМ-8 получено только 27,9% молока высшего сорта, тогда как в группе коров при доении роботом его 100%. Поэтому реализационная стоимость молока, полученного от коров, содержащихся на привязи, составила 18,60 руб., в то время как при беспривязном содержании – 19,22 руб., что привело к снижению общей реализационной стоимости проданного продукта на 18286 руб.

Таблица 3. Эффективность производства молока в зависимости от его качества

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Валовый надой молока на 1 корову за 305 дней лактации, кг	7234	7917
Содержание жира, %	3,76	3,92
Сдано молока высшим сортом, %	27,9	100
Сдано молока высшим сортом, кг	2018,1	7952
Стоимость молока высшего сорта, руб.	38785,9	152837,4
Сдано молока 1 сортом, %	72,1	
Сдано молока 1 сортом, кг	5216,0	
Стоимость молока 1 сорта, руб.	95765,7	
Итого стоимость сортового молока, руб.	134551,6	152837,4

В СПК «Глинский», применяя одновременно робототехнику в доении и доение в молокопровод, отмечают снижение заболеваемости коров маститом при переходе на роботизированное доение (77,8%), повышение качества молока (88,9%), увеличение качества очистки вымени (77,8%), эффективность работа при определении маститов на ранней стадии за счет электропроводности молока (55,6%), уменьшение продолжительности сервис-периода на 23 дня.

Из данных табл. 4 видно, что среднесуточный удой достоверно выше у коров опытных групп при беспривязном содержании и доении с помощью роботизированной доильной установки на 7,35 кг, или на 31,0% (P≤0,01), по сравнению с привязным способом содержания и доением в молокопровод. Однако показатель по среднему удою на 1 доение был выше в группе коров при привязном содержании, что, скорее всего, объясняется количеством доений, приходящихся на одно животное. Установлена достоверная разница по количеству доений на одно животное при беспривязном содержании коров при P≤0,05.

Таблица 4. Анализ технологических операций машинного доения изучаемых групп коров

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Суточный удой, кг	23,72±0,96	31.10±0,38**
Количество доений в сутки, раз	2,0±0,51	2,7±0,18*
Средний удой на 1 доение, кг	11,86±0,26	11,40±0,19
Продолжительность технологических операций доения (ср. на 1 гол.), мин.	9'30"±0,2	7'30"±0,2*
Подготовительные операции	-	1'28"±0,2
Доение	7'00"±0,2	6'02"±0,2
Заключительные операции	-	-

Примечание: P ≤ 0,05\* P ≤ 0,01\*\* P ≤ 0,001\*\*\*

Сравнивая продолжительность технологических операций доения в среднем на 1 корову, было установлено, что по общим затратам времени наблюдается достоверная разница в пользу коров при привязном содержании и доении в молокопровод на 2 минуты и составила 9'30"±0,2 мин., по сравнению с беспривязным содержанием. Следует отметить, что это является отрицательным, поскольку подготовительный период не должен превышать 60 секунд, или 1 мин., а общая продолжительность операции доения, таким образом, должна быть не более 8 мин.

Применение беспривязного содержания существенно, почти в 2 раза, снижает количество обслуживающего персонала, по сравнению с фермой с привязным содержанием коров.

Сравнивая данные производительности доильных установок при разных способах содержания (табл. 5), видно, что все показатели ниже при привязном содержании и доении в молокопровод.

Таблица 5. Производительность доильных установок

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Количество доений, шт.	406	292
Выдоено, гол.	203	107
Суточный удой, кг	23,72±0,96	31.10±0,38**
Количество доений в сутки, раз	2,0±0,51	2,7±0,18*
Средний удой на 1 доение, кг	11,86±0,26	11,40±0,19
Продолжительность технологической операции на 1 гол., мин., в том числе		
общая	9'30"±0,20	7'30"±0,20*
доение	7'00"±0,20	6'02"±0,20*
Интенсивность молокоотдачи за 1 доение, кг/мин.	1,28±0,34	1,56±0,21
Скорость молокоотдачи коров, кг/мин.	1,69±0,12	1,89±0,16
Сброшено молока в ведро (в среднем за доение), кг	5	25
Неудачно, гол.	-	5
Коров в запуске, гол.	17	3

Примечание: P ≤ 0,05\* P ≤ 0,01\*\* P ≤ 0,001\*\*\*

При беспривязном содержании и доении коров с применением роботизированной доильной установки установлена достоверная разница в пользу этой группы коров по всем показателям, как продуктивным качествам, так и производительности этих установок. При применении роботизированной доильной установки лучше выявляется заболеваемость коров маститом, о чем можно судить по такому показателю, как сброшено молока в ведро, кг. Это наглядно показывает, как компьютер по электропроводности отбраковывает молоко больных коров, а человеком такая работа не проводится.

Существенная разница выявилась и в основном показателе – количестве доений. Коровы при доении роботом подходят на доение почти на 71,5% больше, причем размах от 2 до 6 раз, соответственно, накопление молока меньше, а интенсивность молокообразования выше, чем при двухкратном доении коров при привязном содержании, так как известно, что при накоплении молока в вымени происходит затухание молокообразования.

Экономическая эффективность производства молока характеризуется системой показателей, основными из которых являются надой молока на одну корову, затраты труда на 1 кг продукции, себестоимость единицы продукции, прибыль от реализации молока и уровень рентабельности производства. Структура затрат на производство 1 кг молока представлена в табл. 6.

Таблица 6. Структура затрат на производство 1 кг молока, руб.

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Валовая себестоимость на 1 кг молока	20,07	22,51
В. т.ч.: зарплата	3,44	2,23
корма	6,87	7,51
амортизация	1,36	5,41
прочие затраты	8,63	7,36

Из табл. 6 видно, что при привязном содержании и доении коров в молокопровод АДМ-8, затраты на производство 1 кг молока ниже на 2,44 руб., по сравнению с применением беспривязного содержания и доения роботизированными доильными установками. Исключение составляют расходы на заработанную плату, которые выше при привязном содержании на 1,21 руб. или на 35,2% по сравнению с затратами на производство молока при беспривязном содержании коров и доении их роботами. На ферме с беспривязным содержанием коров за счет высокой амортизации реконструированной фермы и дорогостоящего оборудования, увеличения расхода на корма, себестоимость молока составила в среднем 22 руб. 31 коп. Разница в себестоимости при производстве 1 кг молока у опытных групп сглаживается за счет меньшего расхода на зарплату, так как на ферме с беспривязным содержанием коров и доением их роботами работает только 5 человек. По прочим затратам, куда относят затраты на ветеринарное обслуживание, транспортные расходы, отопление и другие, различия не существенны, хотя ниже при беспривязном содержании.

В табл. 7 представлен расчет экономической эффективности влияния условий содержания коров на производство молока в среднем на 1 корову.

Таблица 7. Показатели экономической эффективности производства молока при разных способах содержания коров (в расчете на 1 гол.)

Показатель	Привязное содержание	Беспривязное содержание
Удой за лактацию, кг	7638	7959
Себестоимость производства 1 кг молока, руб.	20,07	22,51
Валовая себестоимость молока, руб.	153294,66	179157,09
Сдано молока в зачетной массе, кг	8118,75	8666,73
Цена реализации 1 кг, руб.	23,7	23,7
Стоимость реализованного молока базисной жирности, тыс. руб.	192414,38	205401,50
Прибыль от молока базисной жирности, тыс. руб.	39119,72	26244,41
Рентабельность, %	25,5	14,6

Из приведенных расчетов табл. 7 следует, что в СПК «Глинский» производство молока рентабельно при обоих способах содержания, как при привязном, так и беспривязном. В связи с тем, что затраты на производство 1 кг молока (при одинаковой цене

реализации) при привязном содержании ниже на 2, 44 руб., в том числе и за счет более низких затрат на реконструкцию фермы и закупку доильного оборудования, чем при беспривязном содержании, соответственно, и валовая себестоимость полученного молока ниже. Прибыль от продажи молока в зачетной массе (с учетом МДЖ и МДБ) оказалась выше по группе коров с привязным содержанием почти на 12,9 тыс. руб., или на 32,9%, несмотря на то, что качественные показатели продуктивности коров при беспривязном содержании животных были выше. Рентабельность производства молока от коров при разных способах содержания отличалась на 10,9 пункта в пользу коров с привязным содержанием. Это объясняется большими затратами на реконструкцию и покупку доильного оборудования. При этом следует заметить, что несмотря на эти большие затраты, производство молока остается рентабельным.

**Вывод.** Таким образом, научно и экономически обосновано применение беспривязного содержания коров и роботизированного оборудования при промышленном производстве молока, их положительного влияния на продуктивные качества животных.

### Литература

1. **Никитин Д.П.** Крупные животноводческие комплексы и окружающая среда // Гигиена и санитария. – 2012. – № 3-4. – С. 63-144.
2. **Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г., Орешкин А.А., Потехин В.Н.** Влияние применения доильной робототехники на качество молока // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 6. – С. 44-46.
3. **Карамаяев С.В., Китаев Е.А., Соболева Н.В.** Продуктивность голштинизированных коров при разных способах содержания // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – № 3. – 36 с.
4. **Шацких Е.В., Бармина И.П.** Молочная продуктивность коров голштинской чернопестрой породы Американской селекции в условиях Среднего Урала // Главный зоотехник. – 2016. – № 11. – С. 3-8.
5. **Донник И.М., Шкуратова И.А.** Окружающая среда и здоровье животных // Ветеринария Кубани. – 2011. – № 2. – С. 12-13.

### Literatura

1. **Nikitin D.P.** Krupnyye zhitovnovodcheskiye komplekсы i okruzhayushchaya sreda // Gigiyena i sanitariya. – 2012. – № 3-4. – S. 63-144.
2. **Skvortsov E.A., Skvortsova E.G., Oreshkin A.A., Potekhin V.N.** Vliyaniye primeneniya doilnoy robototekhniki na kachestvo moloka // Agroprodovolstvennaya politika Rossii. – 2016. – № 6. – S. 44-46.
3. **Karamayev S.V., Kitayev E.A., Soboleva N.V.** Produktivnost golshtinizirovannykh korov pri raznykh sposobakh sodержaniya // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo. – 2015. – № 3. – 36 s.
4. **Shatskikh E.V., Barmina I.P.** Molochnaya produktivnost korov golshtinskoй cherno-pestroy porody Amerikanskoй selektsii v usloviyakh Srednego Urala // Glavnyy zootekhnik. – 2016. – № 11. – S. 3-8.
5. **Donnik I.M., Shkuratova I.A.** Okruzhayushchaya sreda i zdorovye zhitovnykh // Veterinariya Kubani. – 2011. – № 2. – S. 12-13.

УДК 636.225.1+637.04

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11092

Доктор с.-х. наук **А.Е. БОЛГОВ**  
(ФГБОУ ВО ПетрГУ, bolg@petrsu.ru)  
Канд. с.-х. наук **И.П. КОМЛЫК**  
(ФГБОУ ВО ПетрГУ, irinakoml@rambler.ru)  
Канд. с.-х. наук **Н.В. ГРИШИНА**  
(ФГБОУ ВО ПетрГУ, bolg@petrsu.ru)

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ПИЩЕВЫХ И ИНДИКАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОКА КОРОВ АЙРШИРСКОЙ ПОРОДЫ

Использование новых методов исследований и приборов позволило выделить такие показатели состава и свойств молока, которые раньше не учитывались и до сих пор остаются недостаточно изученными. К ним относятся, в частности, мочевина и точка (температура) замерзания молока, которые, не обладая пищевой ценностью, имеют важное диагностическое значение. Содержание мочевины в молоке может служить индикатором нарушений белкового обмена в организме животных, инструментом оценки отклонений в белково-энергетическом балансе в рационе. Необходимость применения данного тестирования намного возрастает в высокопродуктивных молочных стадах (8-10 тыс. кг молока) и при использовании рационов с высоким уровнем концентрированных кормов (до 65% по питательности). Показатель температуры замерзания молока используется как индикатор натуральности молочного сырья. Оба эти показателя, в отличие от пищевых компонентов молока, в данной работе предлагается рассматривать как индикационные. Учитывая их важность и востребованность, они нуждаются в дальнейших исследованиях по изучению их изменчивости, повторяемости, взаимосвязей с другими признаками, путей оптимизации.

**Цель исследования** – изучить вариабельность и взаимосвязь пищевых и индикационных показателей молока в зависимости от возраста, интенсивности лактации и величины удоя коров.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Работа проведена в стаде айрширской породы скота на племенном заводе «Мегрега» (Республика Карелия). Средний удой коров за лактацию составил 7630 кг молока, в том числе удой первотелок – 7022 кг, полновозрастных коров – 8010 кг.

Анализ проведен по результатам ежемесячных контрольных доек 1265 коров. Коров разделили по возрасту на 2 группы: первотелки и полновозрастные (3-5 лактации). Учтено 2453 и 2847 индивидуальных проб молока соответственно.

Молоко исследовано в специализированной лаборатории методом лазерной инфракрасной спектроскопии. Были учтены суточный удой (СУ) и пищевые показатели химического состава: массовая доля жира (МДЖ), белка (МДБ), лактозы (МДЛ), содержание сухого вещества (СВ), сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО). В качестве индикационных показателей учитывали содержание мочевины в молоке и точку (температуру) замерзания молока (ТЗМ). Биометрическая обработка данных проведена по программе Excel.

**Результаты исследования.** *Фенотипическая изменчивость.* При анализе продуктивности коров (табл. 1) установлено, что средний суточный удой полновозрастных коров (3-5 лактации) составляет 28,0 кг, что выше на 5,2 кг по сравнению с первотелками ( $P < 0,001$ ). С возрастом происходит раздой коров и увеличение их продуктивности.

Отмечено более высокое ( $P < 0,001$ ) содержание большинства компонентов в молоке первотелок по сравнению с показателями полновозрастных коров. Превосходство первотелок по содержанию СВ и СОМО составило 0,19 и 0,20% соответственно. Белка в молоке было 3,30%, лактозы – 4,81%, что, соответственно, на 0,06% и 0,14% больше, чем у полновозрастных коров. Снижение уровня пищевых компонентов в молоке более обильномолочных взрослых коров указывает на необходимость корректировки и

оптимизации их рационов по питательным веществам. Жирность молока не очень высокая для коров айрширской породы (3,91-3,92%), ниже требований стандарта (4,1%). Не установлено достоверных различий по жирномолочности коров разного возраста.

*Мочевина* относится к небелковым азотсодержащим веществам, является продуктом белкового обмена веществ. В отличие от жира, белка, лактозы, которые синтезируются в молочной железе, мочевина переходит из крови в неизменном виде. Определение содержания мочевины в молоке является удобным методом контроля состояния белкового обмена веществ лактирующих животных [1]. По уровню удоя, содержанию жира, белка и мочевины в молоке можно судить об энергетическом балансе в течение лактации коров. Нормой считается содержание мочевины 15-30 мг% при содержании белка 3,2-3,6%.

С 01.09.2017 этот показатель включен в ГОСТ Р 52054 в качестве критерия натуральности сырого молока (не более 40 мг%) [2].

Таблица 1. Удой и показатели молока в индивидуальных пробах коров разного возраста

Показатели	Возраст (лакт.)			
	1		3-5	
	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	Cv, %
n	2453		2847	
Суточный удой, кг	22,8 $\pm$ 0,1	22,0	28,0 $\pm$ 0,2***	26,7
Сухое вещество, %	12,52 $\pm$ 0,01	5,0	12,33 $\pm$ 0,01***	5,5
в т. ч. СОМО, %	8,70 $\pm$ 0,01	4,0	8,50 $\pm$ 0,01***	4,5
МДЖ, %	3,91 $\pm$ 0,01	11,7	3,92 $\pm$ 0,01	12,4
МДБ, %	3,30 $\pm$ 0,01	9,0	3,24 $\pm$ 0,01***	9,4
МДЛ, %	4,81 $\pm$ 0,004	3,9	4,67 $\pm$ 0,01***	5,7
Мочевина, мг%	32,96 $\pm$ 0,12	17,6	31,58 $\pm$ 0,11***	18,1
Точка замерзания, °С	-0,5034 $\pm$ 0,0002	2,1	-0,5067 $\pm$ 0,0002***	2,1

\*\*\*P<0,001

В нашем исследовании (табл.1) установлено повышенное содержание мочевины, причем у первотелок содержание мочевины в молоке было выше, чем у полновозрастных животных (32,96 против 31,58 мг%, P<0,001). Коэффициент фенотипической изменчивости содержания мочевины достаточно выраженный и равен от 17,6% (первотелки) до 18,1% (взрослые коровы).

*Точка замерзания молока* (ТЗМ) зависит от его химического состава, компонентов, находящихся в виде молекулярной или ионной дисперсии. ТЗМ повышается при фальсификации молока водой. Поэтому этот показатель является критерием натуральности молока. Его определяют как в реализуемом сборном молоке, так и в индивидуальных пробах от коров. По литературным данным, точка замерзания сборного молока в среднем составляет -0,540°С с вариацией от -0,520 до -0,560°С в зависимости от происхождения (породы), условий содержания, кормления, технологии доения коров и других факторов [3, 4]. Точка замерзания молока, определенная в индивидуальных пробах, изменяется от -0,5250 до -0,5385°С (даже до -0,6048°С) в зависимости от поголовья (размера стада) и возраста коров, сезона, содержания компонентов молока (белка, лактозы и др.) и других факторов [5, 6, 7]. Точка замерзания сборного молока при реализации на перерабатывающие предприятия нормируется ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое», в соответствии с которым она должна быть не выше -0,520°С [2].

В нашей работе установлено, что среднее значение температуры замерзания молока в индивидуальных пробах высокое и равно -0,5057°С с колебаниями от -0,349 до -0,593°С. Коэффициент изменчивости признака низкий – 2,1% (табл.1). Выявлено достоверное влияние возраста коров на температуру замерзания молока. Точка замерзания исследованных

проб молока от первотелок в среднем была выше ( $-0,5034^{\circ}\text{C}$ ), чем у животных в возрасте 3-5 отелов ( $-0,5067^{\circ}\text{C}$ ). Точка замерзания молока обследованных животных не достигала уровня, определенного российским ГОСТ как эталон. Причины этого явления нуждаются в дальнейших исследованиях.

*Изменение показателей в процессе лактации.* Для обследованных коров характерна типичная лактационная кривая по величине удоя – максимум суточного удоя наблюдается на 2-м месяце лактации (27,4-34,5 кг), а с 3-го месяца происходит постепенный спад. Причем в конце лактации, на 10-м месяце, суточный удой держался на высоком уровне – более 17 кг молока.

Изменение содержания жира и белка в течение лактации также типично. Во 2-й месяц лактации МДЖ и МДБ были на самом низком уровне у коров обеих групп (3,63-3,72% и 3,02-3,03% соответственно). Затем по ходу лактации происходит их рост. К 10-му месяцу лактации МДЖ возросла до максимума: 4,14-4,15% ( $P<0,001$ ), МДБ – до 3,55-3,57% ( $P<0,001$ ).

Изменение концентрации мочевины в течение лактации соответствует лактационной кривой по удою: максимум в период раздоя, затем снижение (рис.1). Это объясняется, вероятно, положительной связью «удой-мочевина» и более высокой долей концентрированных (высокопитательных белковых кормов) в рационе коров на начальной стадии лактации.

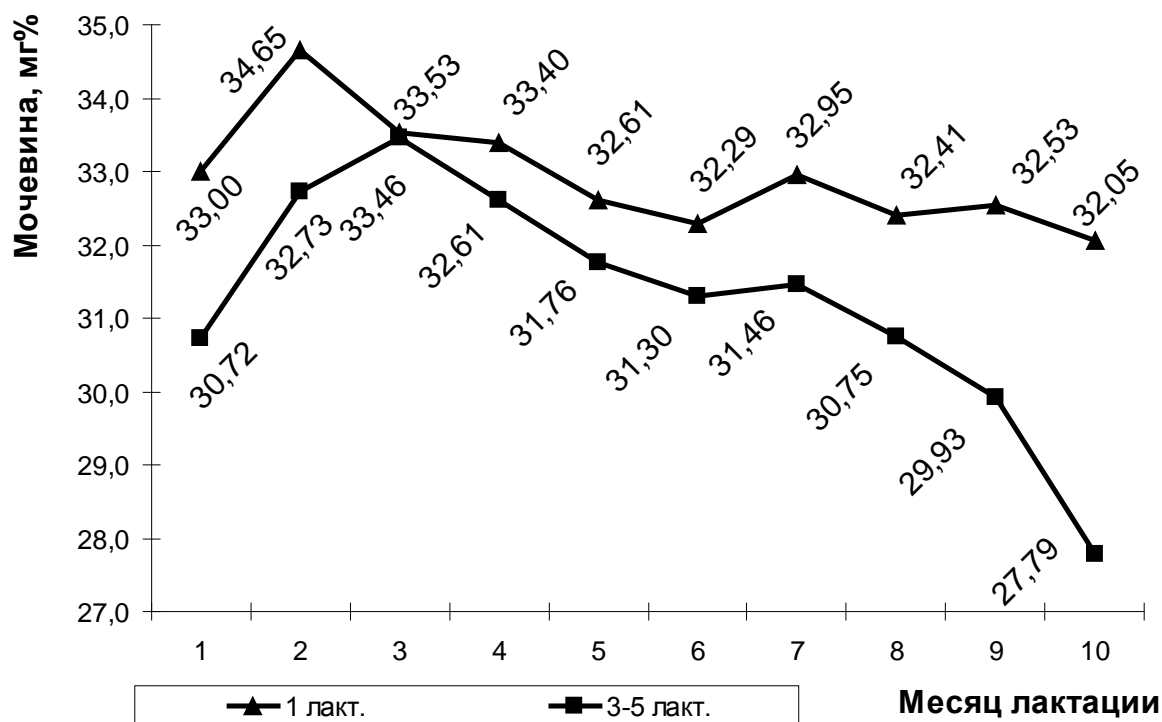


Рис. 1. Изменение содержания мочевины в молоке коров разного возраста в течение лактации

Содержание мочевины в молоке первотелок несколько превышало норму (15-30 мг%) на протяжении всей лактации. Наиболее высокий уровень отмечен на 2-м месяце (34,65 мг%), далее снижение к 10-му месяцу до 32,05 мг%. У коров в возрасте 3-5 лактаций незначительное превышение нормы по содержанию мочевины наблюдалось на 2-4 месяцах лактации (32,73-33,46 мг%). В молоке полновозрастных коров мочевины содержалось меньше, чем в молоке первотелок на протяжении всей лактации. Для оптимизации белкового обмена, уровня мочевины, нормального функционирования желудочно-кишечного тракта необходимо обеспечить рацион достаточным количеством углеводов. Лактационная кривая по температуре замерзания молока имела в целом такой же характер, как и кривые по величине удоя и содержанию мочевины. По ходу лактации она снижалась. В группе первотелок температура замерзания молока уменьшалась с  $-0,4967\dots-0,4993^{\circ}\text{C}$  в начале лактации до  $-0,5081\dots-0,5083^{\circ}\text{C}$  на 8-10-м месяцах лактации. В группе взрослых коров – от  $-0,5011\dots-0,5024^{\circ}\text{C}$  до  $-0,5137\dots-0,5143^{\circ}\text{C}$  соответственно. Ежемесячное по ходу лактации

снижение температуры замерзания молока составляло 0,001-0,002°C. Следует отметить, что точка замерзания молока молодых животных в сравнении со взрослыми была выше на протяжении всей лактации ( $P < 0,001$ ).

*Влияние величины удоя на показатели.* Путем моделирования установлено, что при удое менее 20 кг в сутки содержание жира и белка в молоке высокое в обеих возрастных группах коров (4,20-4,15% и 3,58-3,48% соответственно). С увеличением суточного удоя до 30 кг молока и более МДЖ у первотелок снижается с 4,20 до 3,55%, МДБ – с 3,51 до 3,12%. У полновозрастных коров – с 4,15 до 3,75 и с 3,48 до 3,07% соответственно. Изменения состава молока при увеличении суточного удоя высоко-достоверны ( $P < 0,001$ ). Полновозрастные коровы с суточным удоём 20-24 кг, 25-29 кг и 30 кг и более превосходят первотелок такой же продуктивности по МДЖ на 0,11%, 0,04% и 0,15% соответственно ( $P < 0,001$ ).

МДБ в молоке первотелок при удое менее 20 кг на 0,10% выше ( $P < 0,05$ ), чем у взрослых коров. При увеличении удоя до 25 кг и выше они уступают взрослым коровам 0,04-0,05% ( $P < 0,01$ ) (рис.2).

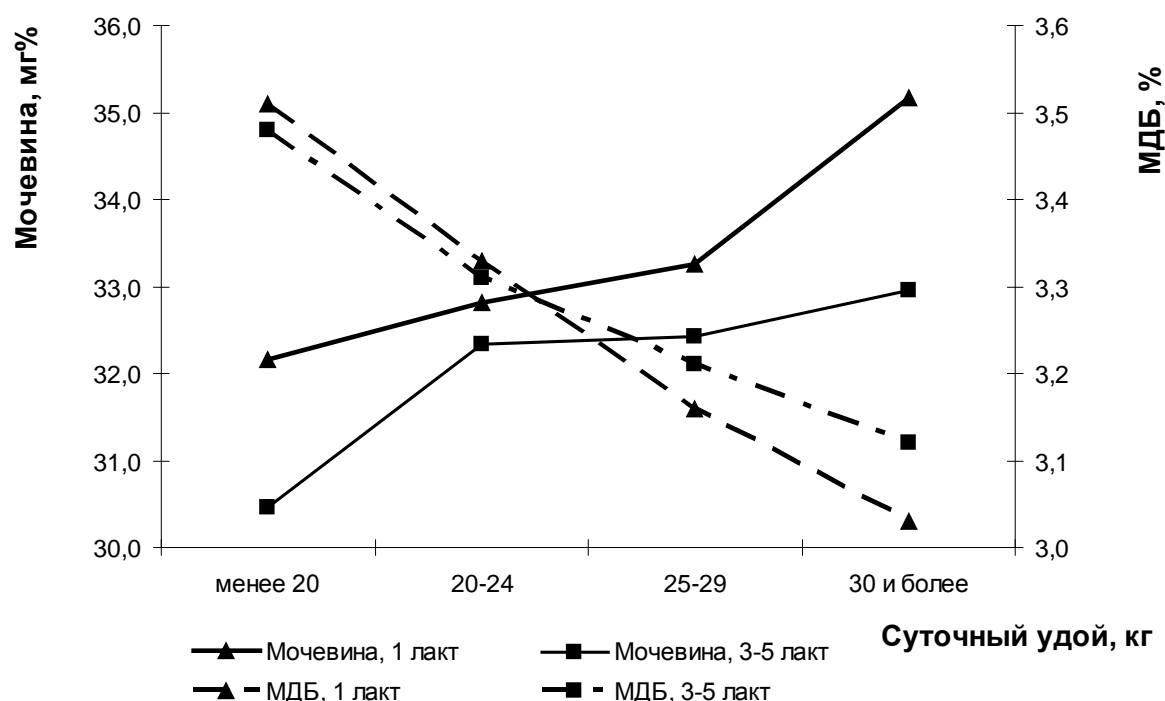


Рис. 2. Изменение содержания белка и мочевины в молоке коров в зависимости от величины удоя

Уровень удоя оказал влияние на содержание белка и мочевины в молоке. С увеличением суточного удоя происходит снижение МДБ в молоке и повышение концентрации мочевины в молоке коров обеих возрастных групп. При удое менее 20 кг в молоке полновозрастных коров содержится 30,46 мг% мочевины, при удое более 20 кг достоверно выше – 32,33-32,90 мг%. В молоке первотелок разного уровня удоя содержание мочевины выше, чем у взрослых животных, – 32,16-34,11 мг%.

Известно, что точка замерзания молока зависит от соотношения сухих веществ и воды в молоке. Анализ показал, что при увеличении удоя от менее 20 кг в сутки до 30 кг и более содержание СВ снижалось на 0,83-0,62%, СОМО – на 0,41-0,15% соответственно у молодых и взрослых животных. Параллельно с этим точка замерзания молока повышалась от -0,5076 до -0,4970°C и от -0,5130 до -0,5022°C соответственно (рис.3). То есть проявляется положительная связь величины удоя с температурой замерзания молока. С другой стороны, повышение в молоке концентрации сухого вещества и сухого обезжиренного молочного остатка предрасполагает к снижению температуры замерзания молока, и наоборот.



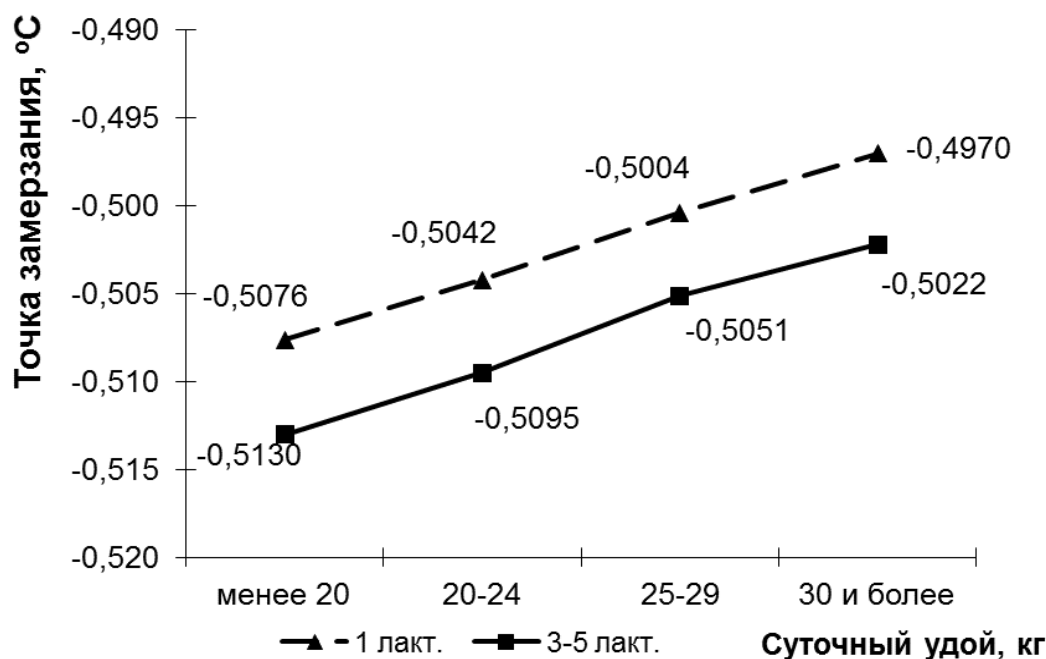


Рис. 3. Влияние величины удоя на температуру замерзания молока первотелок (▲) и взрослых коров (■)

*Корреляционные связи показателей.* Для повышения объективности сведений о рассмотренных выше взаимосвязях пищевых и индикационных показателей молока были рассчитаны коэффициенты корреляции.

Подтверждено наличие достоверной положительной корреляции «СУ-ТЗМ» (+0,332; +0,374) и отрицательной корреляции «МДБ-содержание мочевины» (-0,253; -0,315), «СВ-ТЗМ» (-0,406; -0,346), «СОМО-ТЗМ» (-0,350; -0,223).

**Выводы.** Изменчивость индикационных показателей молока (содержание мочевины, температура замерзания молока), так же как и пищевых, обусловлена возрастом коров, периодом лактации, величиной удоя. Суточный удой, пищевые показатели молока взаимосвязаны с содержанием мочевины и температурой замерзания молока. Содержание мочевины в молоке находится в отрицательной корреляции с уровнем белка в молоке. Температура замерзания молока положительно коррелирует с величиной суточного удоя и отрицательно связана с уровнем сухого вещества и сухого обезжиренного молочного остатка. Представляются перспективными и необходимыми исследования по изучению повторяемости, наследственной обусловленности содержания в молоке мочевины и точки замерзания молока.

### Литература

1. **Зачем нужно делать анализ мочевины в молоке?** // The DairyNews. – 18.06.2014. – [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dairynews.ru/dairyfarm/zachem-nuzhno-delat-analiz-mocheviny-v-moloke.html> (дата обращения: 02.07.2017).
2. **ГОСТ Р 52054. Молоко коровье сырое. Технические условия (с Изменением №1)** // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52054-2003> (дата обращения: 02.10.2017).
3. **Горбатова К. К.** Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 320 с.
4. **Ule A., Prepadnik H., Klopčič M.** The freezing point of bulk tank milk in Slovenia // Acta agriculturae Slovenica, Supplement 5, 2016, 84-88.
5. **Кузнецов А., Кузнецов С.** О технологических свойствах молока // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 2. – С. 5–7.
6. **Henno M., Ots M., Joudu I., Kaart T., Kart O.** Factors affecting the freezing point stability of milk from individual cows // International Dairy Journal, 2008, 18, 210- 215.
7. **Otwinowska-Mindur A., Ptak E., Grzesiak A.** Factors affecting the freezing point of milk from Polish Holstein-Friesian cows. // Ann. Anim. Sci., Vol. 17, №.3 (2017) 873-885.

### Literatura

1. **Zachem nuzhno delat' analiz mocheviny v moloke?** // The DairyNews. – 18.06.2014. – [elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.dairynews.ru/dairyfarm/zachem-nuzhno-delat-analiz-mocheviny-v-moloke.html> (02.07.2017).
2. **GOST R 52054. Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya** (s Izmeneniem №1) // [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-52054-2003> (02.10.2017).
3. **Gorbatova K. K.** Biohimiya moloka i molochnyh produktov. – SPb.: GIORD, 2003. – 320 s.
4. **Ule A., Prepadnik H., Klopčič M.** The freezing point of bulk tank milk in Slovenia // Acta agriculturae Slovenica, Supplement 5, 2016, 84-88.
5. **Kuznecov A., Kuznecov S.** O tekhnologicheskikh svojstvah moloka // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2010. – № 2. – S. 5–7.
6. **Henno M., Ots M., Joudu I., Kaart T., Kart O.** Factors affecting the freezing point stability of milk from individual cows // International Dairy Journal, 2008, 18, 210- 215.
7. **Otwinowska-Mindur A., Ptak E., Grzesiak A.** Factors affecting the freezing point of milk from Polish Holstein-Friesian cows. // Ann. Anim. Sci., Vol. 17, №.3 (2017) 873-885.

УДК 619:636.2:577.1

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11097

Канд. с.-х. наук **В.И. ТУРЛЮН**  
(AgrarConsult, victor.turlyun@gmail.com)

### ВНЕДРЕНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЕТОЗА У КОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

У высокопродуктивных животных, обладающих ценным генетическим потенциалом, особенно таких, как коровы голштинской породы, в связи с недостаточно сбалансированным кормлением в условиях современных крупных комплексов по производству молока часто наблюдается нарушение обмена веществ. Одним из распространенных заболеваний этой категории является кетоз, который, как правило, наиболее часто проявляется у лактирующих коров в первые 10–40 дней после отела [1]. Это обусловлено недостаточным потреблением корма в период раздоя, что создает в организме коровы условия для отрицательного энергетического баланса. Последствиями нарушения белкового, углеводно-жирового и витаминно-минерального обменов является изменение гормонального статуса организма коровы, что негативно сказывается на воспроизводительной функции и приводит к потере молока [2].

Наибольшему риску возникновения кетоза подвержены животные в условиях интенсивной технологии производства молока. Согласно научным исследованиям, проведенным в условиях российских предприятий, количество высокопродуктивных животных, подверженных заболеванию кетозом, составило от 23 до 80%, но также не исключены случаи возникновения кетоза в сухостойный период.

Поскольку скот, проявляющий высокую молочную продуктивность, отличается относительно низкой физиолого-биохимической устойчивостью организма [2], даже создание оптимальных условий кормления этих животных в группе не может полностью гарантировать отсутствие кетоза. Поэтому очень важным фактором эффективного менеджмента в условиях интенсивной технологии производства молока является своевременное выявление таких животных и принятие мер.

За счет того, что кетоз обусловлен накоплением в крови, моче и молоке кетоновых тел, большинство методов выявления больных животных основаны на лабораторном или экспресс-анализе образцов этих жидкостей. Однако проблемой в данном случае является то, что кетоз проявляется двумя формами: клинической и субклинической. Количество кетоновых тел также может колебаться в зависимости от времени взятия образца. До 90%

случаев заболевания субклиническим кетозом установлено в первые два месяца после отела [3]. При этой форме кетоза коровы производят ежедневно на 1–3,3 кг молока меньше, что может составить до 300 кг за 305 дней лактации [4]. Клиническая форма приводит к ожирению печени [1]. Исследованиями также установлена корреляция между повышенным содержанием бета-гидроксиасляной кислоты (ВНВА) с клинической формой кетоза при ее концентрации  $\geq 1,1$  ммоль/л, метритом ( $\geq 1,4$  ммоль/л), ламинитом ( $\geq 1,5$  ммоль/л), смещением сычуга ( $\geq 1,2$  ммоль/л). В европейской литературе приводятся данные о том, что затраты, суммируемые с потерями в случае возникновения кетоза, находятся в пределах от 600 до 1000 евро [5].

**Цель исследований** – изучить проявление субклинической и клинической форм кетоза в первые месяцы после отела голштинских коров импортного происхождения, а также протестировать наиболее оптимальную методику диагностики в производственных условиях.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования были выполнены в условиях МТФ №4 АО «Агрообъединение «Кубань» Краснодарского края в период с 2012 по 2016 гг. На данной ферме разводится голштинский скот, завезенный из Канады и Австралии, а также их потомство. В хозяйстве принята беспривязная система содержания с круглогодичным однотипным кормлением полнорационной кормосмесью. Все процессы на ферме механизированы и выполняются согласно стандартам, принятым в «АгроХолдинге».

Для определения содержания бета-гидроксиасляной кислоты в молоке использовались тестовые полоски двух производителей. Первые два исследования были проведены с использованием тест – полосок Keto-Test™ Elanco Animal Health (производитель SKK Japan) (рис. 1).



Рис. 1. Тест-полоски для анализа молока Keto-Test™

Третий этап исследования молока выполнялся с применением тестовых полосок PortaВНВ™ Milk-Ketone-Test (PortaCheck, Inc., USA). Оба варианта тестовых полосок работают по одному принципу и имеют одинаковую оценочную шкалу. Отличительной особенностью тест-полосок Elanco Animal Health является то, что их в упаковке необходимо хранить в холодильнике, в то время как тестовые полоски PortaВНВ™ можно хранить при комнатной температуре. Данный метод основан на ферментативном изменении цвета.

Средние пробы молока отбирались индивидуально от каждого животного в течение утреннего доения в 5 ч. В каждую пробу опускалась тестовая полоска на 3 минуты, после чего она извлекалась, и с нее стряхивались остатки молока. По истечении одной минуты ее прикладывают к цветовой шкале и сравнивают результаты. Интенсивность окраски цветового поля свидетельствует о концентрации ВНВА в пробе молока (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований молока тест-полосками

№ исследования	Дата отбора проб	n	Тест-полоски
1	25.04.2013	38	Keto-Test™
2	30.05.2013	24	Keto-Test™
3	20.08.2013	81	PortaBHB™

В табл. 2 приведены значения, используемые для интерпретации данных, полученных в ходе проведения теста проб молока.

Таблица 2. Шкала оценки результатов определения содержания ВН в молоке

Интерпретация результатов	Условное обозначение	Содержание ВН [ $\mu\text{mol/l}$ ]
В пределах нормы (-)	Н	0-99
Зона риска (+/-)	ЗР	100-199
Субклиническая форма (+)	СФ	200-499
Клиническая форма (++)	КФ	500+

Определение содержания ВНВА в крови проводилось при помощи портативного устройства «Precision Xtra Meter» (Abbot Laboratories, USA), представленного на рис. 2.



Рис. 2. Устройство «Precision Xtra Meter» для анализа содержания глюкозы и ВНВА в крови

Для проведения анализа кровь, взятую из хвостовой вены, наносили непосредственно на тест-полоску, вставленную в прибор. По истечении 10 секунд на дисплее устройства появлялось изображение результата теста (ммоль/л). Анализ крови на протяжении всего периода исследования проводился в 14 часов, после возвращения животных с обеденного доения. Исследование проводилось с 1 по 31 августа 2013 года.

Оценка результатов, полученных в ходе анализа крови, проводилась в соответствии со следующими значениями: концентрация ВНВА до 1,2 ммоль/л – в пределах нормы, от 1,3 до 2,9 ммоль/л – при субклиническом кетозе и  $\geq 3,0$  ммоль/л – при клинической форме кетоза [6].

Для сравнительного анализа у 10-ти животных одновременно были проведены экспресс-тесты проб молока и крови.

**Результаты исследований.** Результаты сравнительного анализа на содержание бета-гидроксимасляной кислоты в молоке и крови исследуемых животных приведены в табл. 3.

Анализ экспресс-методов определения концентрации ВНВА в молоке и крови животных показал, что, согласно результатам теста по молоку, животные 113, 275 и 1002 находятся в зоне риска, в то время как результат анализа крови свидетельствует о наличии явно выраженной субклинической формы кетоза (значения содержания ВНВА колеблются в пределах от 1,3 до 2,9 ммоль/л). Корова 484, согласно результатам двух тестов, находится в зоне риска. Животное 792 по значению ВНВА в молоке располагается в зоне риска

заболевания субклинической формой кетоза, что не подтверждается тестом крови, значение ВНВА в которой составило 0,8 ммоль/л. Также выявлено несоответствие в результатах коровы 873, тест молока которой свидетельствует о субклинической форме кетоза, однако тест крови четко выявляет наличие клинической формы (3,1 ммоль/л). У животного 563, наоборот, тест молока выявил наличие клинической формы кетоза, однако тест крови показал субклиническую форму (2,1 ммоль/л). У коров 610, 619 и 1077 оба теста подтверждают наличие клинической формы кетоза.

На основе сравнительного анализа видно, что тест на содержание ВНВА в молоке является менее точным по сравнению с тестом крови, однако однозначно можно сказать, что оба теста позволяют в производственных условиях быстро выявить животных в зоне риска, а также той или иной форме заболевания кетозом.

Таблица 3. Данные сравнительного анализа результатов концентрации ВНВА в молоке и крови исследуемых животных (n=10)

№ животного	Молоко	Кровь [ммоль/л]
113	(+/-)	2,0
275	(+/-)	1,8
484	(+/-)	1,2
792	(+/-)	0,8
1002	(+/-)	2,3
873	(+)	3,1
563	(++)	2,1
610	(++)	4,1
619	(++)	3,1
1077	(++)	3,7

Результаты анализа молока на содержание ВНВА в первом измерении (апрель) (рис. 3) показали, что 39,5% животных I фазы лактации имели статус здоровых, 28,9% проанализированных проб показали нахождение животных в зоне риска, такое же количество имело субклиническую форму кетоза. Из всех проанализированных проб только у 2,6% выявлена клиническая форма кетоза. Второе измерение (май) (рис. 4), проводимое в группе после отела фазы «Транзит II», позволило установить, что 8,3% животных имели статус здоровых, 62,5% были в зоне риска, 12,5% с субклинической и 16,7% с клинической формами кетоза. Третье измерение содержания ВНВА в пробах молока коров I фазы лактации, выполненное в августе, выявило 9,9% животных с показателями ВНВА в норме, у 81,5% животных этот показатель находился в зоне риска, 3,7% – со значениями, соответствующими субклинической форме кетоза, и 4,9% – клинической.

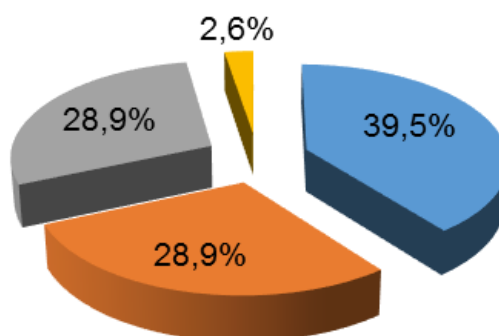


Рис. 3. Распределение коров I фазы лактации в зависимости от содержания ВНВА в молоке (измерение 1)

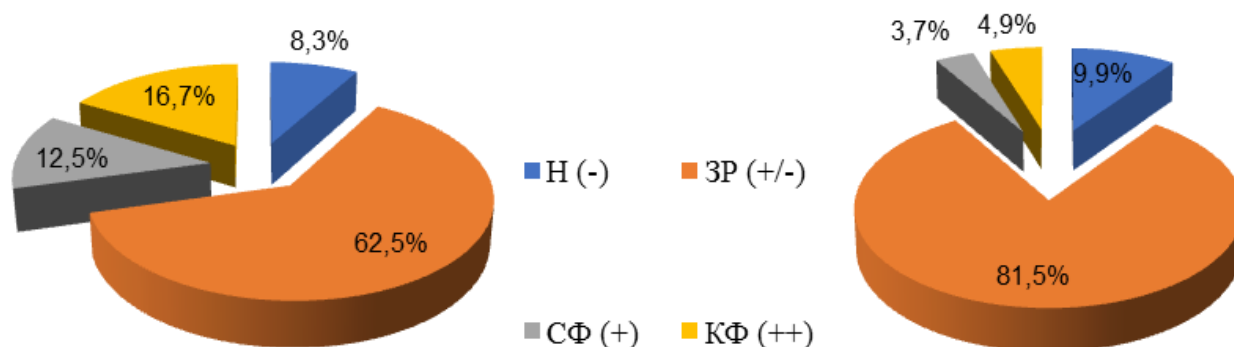


Рис. 4. Распределение коров фазы «Транзит II» (слева, измерение 2) и коров I фазы лактации (справа, измерение 3) в зависимости от содержания ВНВА в молоке

Результаты анализа проб молока в разные временные периоды колеблются за счет увеличения количества животных в зоне риска, когда точно нельзя отнести их к здоровым или условно больным с клинической формой кетоза. Данные измерения 1 и 2 показывают, что около 30% изученных животных имеют субклиническую или клиническую форму кетоза. В третьем измерении лишь 8,6% животных имеют выраженную форму заболевания, однако количество коров, находящихся в зоне риска в этом измерении, составило 81,5%, что означает невозможность отнести их к здоровым или больным при помощи теста молока. Для более достоверного сравнительного анализа на рис. 5 представлены результаты тестов крови.

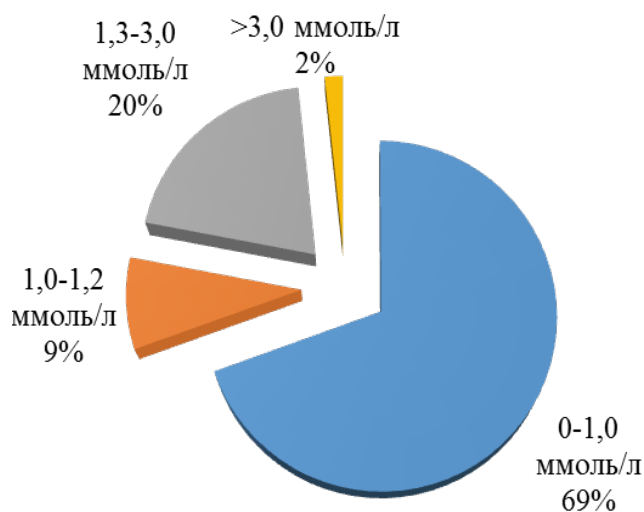


Рис. 5. Результат анализа содержания ВНВА в крови коров фазы «Транзит II» и I фазы лактации

Анализ крови при помощи тест-полосок показал, что 69% животных имеют статус здоровых, 9% находятся в зоне риска, 20% имеют субклиническую и 2% клиническую форму кетоза.

Полученные данные обоих тестов свидетельствуют о частом заболевании кетозом (около 30%) коров после отела до 120-го дня лактации в данном хозяйстве на момент проведения опыта. Согласно результатам анализа крови, субклиническую и клиническую формы кетоза имеют 22% животных. Это подтверждается и ранее проведенными в этом хозяйстве академиком В.Г. Рядчиковым исследованиями, которые установили, что 21% коров, закупленных в Канаде, выбыли по причине цирроза печени (кетоза) [7].

**Выводы:** Проведенные исследования показали, что одной из причин неполного проявления высокопродуктивными животными их генетического потенциала является кетоз, наиболее часто встречающийся в его субклинической форме (20% согласно результатам анализа крови) и лишь 2% животных имели клиническую форму. Хозяйству были даны рекомендации по внедрению экспресс-анализа крови для проведения регулярных тестов каждого животного за одну неделю до отела и 2 раза в неделю в течение первых трех недель

после отела, поскольку в этот период наиболее часто возникают случаи субклинической и клинической форм кетоза. Это позволит принимать своевременные управленческие решения как зоотехнической службе для контроля изменений рациона животных, так и ветеринарной – для быстрого реагирования и предотвращения выбытия животных и потерь молока.

### Литература

1. **Тёвс А.** Краткий справочник консультанта / Под общ. ред. А. Тёвса. – Мекенхайм: «DCM Druck Center Meckenheim GmbH», 2010. – 159 с.
2. **Ярован Н.И., Новикова И.А.** Окислительный стресс у высокопродуктивных коров при субклиническом кетозе в условиях промышленного содержания // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – №5(38). – С. 146-148.
3. **Geishauser T., Leslie K., Tenhag J., Bashiri A.** Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows // Journal of dairy science. – 2000. – V.83. – P. 296–299.
4. **Duffield T.F., Lissemore K.D., McBride B.W., Leslie K.E.** Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production // Journal of dairy science. – 2009. – V.92. – P. 571–580.
5. **Martens H.** Ketose und die (Homeorhetische) Regulation des Energiestoffwechsels // Nutztierpraxis Aktuell. – 2013. – P. 52–56.

### Literatura

1. **Tyovs A.** Kratkij spravochnik konsul'tanta / Pod obsh. red. A. Tyovsa. – Mekenhajm: «DCM Druck Center Meckenheim GmbH», 2010. – 159 s.
2. **Yarovan N.I., Novikova I.A.** Okislitel'nyj stress u vysokoproduktivnyh korov pri subklinicheskom ketoze v usloviyah promyshlennogo soderzhaniya // Vestnik Oryol GAU. – 2012. – №5(38). – S. 146-148.
3. **Geishauser T., Leslie K., Tenhag J., Bashiri A.** Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows // Journal of dairy science. – 2000 – V.83. – P. 296–299.
4. **Duffield T.F., Lissemore K.D., McBride B.W., Leslie K.E.** Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production // Journal of dairy science. – 2009. – V.92. – P. 571–580.
5. **Martens H.** Ketose und die (Homeorhetische) Regulation des Energiestoffwechsels // Nutztierpraxis Aktuell. – 2013. – P. 52–56.

УДК 636.03

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11102

Доктор ветеринар. наук **О.К. СУХОВОЛЬСКИЙ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, sokvet@mail.ru)

## ЗНАЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

В настоящее время в разных странах на животноводство приходится более трети валового внутреннего продукта и ожидается, что этот показатель будет продолжать расти. Животноводство играет значимую роль в жизни людей, предоставляя не только продовольствие, но и другую необходимую продукцию. Предполагается, что спрос на животный белок удвоится к 2050 году, поэтому эти продукты должны производиться максимально эффективно с учетом площадей пахотных земель и ограниченных водных и растительных ресурсов, а также реальности изменения климата, которая оказывает неблагоприятное воздействие на современные производственные системы. Это представляет

собой огромную проблему для современного животноводства, которое не может развиваться без применения соответствующих научных и технологических знаний. Одно из таких направлений – биотехнология, понимаемая как применение технологии генной инженерии и рекомбинантной ДНК для живых систем [1, 2].

Таким образом, одна из важных задач, с которой сталкивается современное скотоводство, заключается в том, чтобы обеспечить растущий спрос на производство продуктов животного происхождения не нанося вред окружающей среде. Эти проблемы можно преодолеть путем совершенствования традиционных технологий с одновременным внедрением новых научных достижений в сфере биотехнологий животноводства, так как среди наиболее признанных преимуществ биоиндустрии – увеличение производства продуктов питания и развитие методов ведения сельского хозяйства, которые являются дружественными к окружающей среде.

Несмотря на недоказанность безопасного использования биотехнологии для производства продуктов питания в АПК, развитие этой индустрии идет достаточно интенсивно во многих странах мира. Лидером на рынке биоиндустрии является в настоящее время США (74% от общего объема), активно он развивается и в странах ЕС, Канаде, Китае и др. В США разработаны исследовательские проекты по каждому виду животных (крупному рогатому скоту, молочным и мясным продуктам, свиньям, птицам, рыбам и др.) для характеристик экономической эффективности разных вариантов производства (производство молока, содержание жира, лактозы и белка в молоке, устойчивость к маститу, мягкость или мраморность мяса, объем биологических отходов у свиней, коэффициент овуляции у крупного рогатого скота и др.) [3, 4].

Стратегической целью России к 2020 г. в биотехнологическом секторе экономики согласно Комплексной программе развития биотехнологий в Российской Федерации является увеличение объема производства биотехнологической продукции в 33 раза; сокращение доли импорта в потреблении биотехнологической продукции на 50%; увеличение доли экспорта в производстве биотехнологической продукции более чем в 25 раз; выход на уровень производства биотехнологической продукции в России в размере около 1% ВВП к 2020 году [5]. Внедрение различных биотехнологий уже дало большие экономические выгоды сельскохозяйственному производству. Сюда можно отнести и искусственное осеменение, раннюю диагностику заболеваний, разработку вакцин, достижения в области кормления и содержания животных.

Тем не менее существует много вопросов об использовании биотехнологий в животноводстве, связанных с тем, насколько широко распространено их использование и не наносит ли это вред животным и людям, употребляющим мясомолочную продукцию. Каковы основные причины успеха или неудачи их применения в текущих условиях или какие варианты решений о внедрении соответствующих технологий, позволяющих повысить продовольственную безопасность, приходится принимать.

**Цель исследования** заключается в выявлении основных тенденций развития биоиндустрии в современном животноводстве и возможности их внедрения в России для решения проблемных вопросов животноводства.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В последние десятилетия в основном развиваются следующие биотехнологические направления: кормление животных; генетика и воспроизводство; улучшение здоровья животных; исследования на животных с целью лечения людей и создания новых фармацевтических препаратов. Рассмотрим подробнее эти направления.

Доходы от производства молока и мяса зависят от четырех основных факторов: генетической способности, программ кормления (рационов), здоровья стада, управления производством. Причем, как считают специалисты, лактация у коров зависит от генетики на 10%, от питания – на 50 – 60% и от условий содержания и систем ведения хозяйства – на 30 – 40% [6]. Для улучшения генетики коров необходимо разрабатывать специальные программы кормления и ухода, чтобы животные могли воспроизводить весь свой унаследованный



потенциал. Рациональная программа кормления для молочного стада должна учитывать количество кормов, его качество и то, как и когда они должны поставляться.

Сбалансированное кормление необходимо для правильного функционирования иммунной системы и, как следствие, для поддержания здоровых и продуктивных функций животных. Технологии, используемые в кормлении животных, разнообразны. Развиваются знания о минеральном, белковом обмене, энергетическом и других процессах, на которых основывается кормление животных. В настоящее время активно разрабатываются технологии с последующим эффективным использованием специальных растительных концентратов. Биодобавки в скотоводстве оптимизируют руминальную ферментацию для улучшения всасывания питательных веществ, а также для использования сбалансированных рационов, которые не только влияют на продуктивность животных, но и на баланс окружающей среды.

Качество и количество кормов является ключевым фактором к получению высоких удоев молока. Все основные ингредиенты, необходимые коровам для производства молока (кроме воды), содержатся в сухом веществе корма. Высокое потребление сухого вещества приводит к высокому поступлению в организм питательных веществ и высокому выходу молока. Например, корова весом 550 кг с удоем 30 кг молока в день может съесть 3,7% сухого вещества от своей массы, что составляет около 20,4 кг/день. Крупная корова (650 кг) и с тем же производством молока в день может потреблять только 3,4% от массы тела (до 22,1 кг в день) [6]. Таким образом, зная содержание сухого вещества в корме, особенности его потребления, можно влиять на лактацию.

Целью использования биотехнологии в области воспроизводства является усиление размножения особей с превосходными генетическими качествами, что приводит к увеличению генетического прогресса рассматриваемых видов пород животных. Биотехнологии животных, связанные с размножением, способствовали значительному улучшению важных характеристик скота.

Методы, используемые с середины прошлого века, позволили использовать высококачественный генетический материал во всем мире. Первым инструментом в биотехнологии, применяемым для улучшения воспроизводства и распространения высшей генетики, было искусственное осеменение. В рамках репродуктивной биотехнологии можно упомянуть событие, когда в 1997 году исследователи Института Розалина в Шотландии объявили о клонировании овец из взрослой клетки путем множественной овуляции и трансплантации эмбрионов. В настоящее время успешно проводятся исследования по оплодотворению *in vitro*, секретиции эмбрионов и криоконсервации. Полезность репродуктивной биотехнологии объясняется, главным образом, тем, что она позволяет увеличить интенсивность отбора без необходимости ограничиваться скоростью воспроизведения или длительным периодом генерации.

Размножение животных, генетика и разведение, введение искусственного осеменения продолжает свое практическое развитие в традиционном животноводстве. В этой области цитогенетика играет важную роль в мониторинге хромосомных aberrаций у сельскохозяйственных животных с проблемами бесплодия. Использование молекулярных методов позволяет выполнять отбор превосходных индивидуумов, быстрое введение полезных генов в конкретную популяцию и генетическое улучшение, основанное на выборе генов. Идентификация пола эмбрионов также позволяет предварительно отбирать особей одного или другого пола в соответствии с целями программ отбора. С помощью этих инструментов проверяется эффективность методов воспроизведения. Генетическое улучшение предполагает получение животных с продуктивными качествами выше, чем у их производителей, более устойчивых к болезням или к экстремальным условиям окружающей среды.

В сфере ветеринарии основной целью программ исследований является охрана здоровья животных, снижение инфекционных заболеваний. Наличие статистических методов, компьютерных программ привело к лучшему пониманию и правильному принятию решений при определенных заболеваниях, особенно новых. Примером биотехнологий в ветеринарии является получение вакцин методами геной инженерии, путем индукции

микроорганизмов для формирования только необходимых и специфических иммуногенов для создания иммунитета к интересующему заболеванию. Таким образом, в вакцине используются только иммуногены, снижающие нежелательные побочные эффекты.

Кроме того, с развитием биотехнологии успешно внедряются гормоны роста крупного рогатого скота на переносчиках глюкозы в молочную железу, мышцы и жир коровы. Получать данные гормоны традиционными методами экономически не выгодно, поэтому были разработаны модифицированные, генетически измененные бактерии, которые производят гормон в соответствующих количествах.

Еще одним очень полезным открытием является использование живых дрожжей, которые в соответствующих концентрациях делают более эффективной работу микроорганизмов рубца и позволяют добиваться высоких удоев молока у крупного рогатого скота, а также получать лучшие приросты веса у молодых быков. Эти модифицированные дрожжи метаболизма являются весьма эффективными в снижении концентрации кислорода в рубце, они стимулируют рост анаэробных бактерий, продуцирующих клетчатку.

Большинство биотехнологий, используемых в области питания и выращивания животных, основаны на использовании микроорганизмов, как природных, так и полученных рекомбинантным путем, для изменения моделей пищеварения и переработки пищи, главным образом жвачных. С другой стороны, большое количество продуктов, обрабатываемых биотехнологиями, часто добавляют в корм для повышения эффективности животноводства. Это научные направления, которые востребованы в производстве.

Еще один важный момент, на котором следует остановиться, – это то, что с развитием скотоводства, а также с ростом взаимодействия между человеком и животными возникли новые ситуации риска для животноводства и поддержания здоровья животных. Это область, где биотехнология представляет собой фундаментальный инструмент, так как научные исследования предлагают новые разработки в диагностике, эпидемиологии и вакцинации. Данные вопросы имеют жизненно важное значение в секторе животноводства.

**Результаты исследования.** Фундаментальные исследования в области биотехнологий достаточно затратные, они требуют значительных инвестиций. Но, учитывая тот факт, что не каждое фундаментальное открытие может найти практическое применение и, следовательно, дать экономический эффект, предлагаем в первую очередь развивать те направления, для которых уже имеется определенная материально-техническая база и которые не вызывают сомнений в возможности их реального осуществления и получения экономического эффекта.

На основании опубликованных в специальной литературе материалов по развитию биотехнологий, текущего состояния животноводческого сектора, а также имеющегося научного потенциала в области биотехнологии мы предлагаем следующие первоочередные направления по дальнейшему развитию и совершенствованию биоиндустрии в животноводстве.

1. Увеличение производства молока за счет отбора животных через идентификацию и / или проверку маркеров, что влияет на такие качества животных, как продуктивность, улучшение усвояемости кормов, репродуктивные параметры, легкость отела, количество лактаций, профилактика заболеваний и др.

2. Улучшение фенотипов, связанное с искусственным оплодотворением, что позволяет получать телят, хорошо приспособленных к экологическим и фитосанитарным условиям конкретного региона.

3. Разрабатывать и совершенствовать отечественные репродуктивные технологии, такие как экстракорпоральное оплодотворение, перенос эмбрионов и определение пола спермы.

4. Дифференцировать продукты, получая увеличение добавленной стоимости за более качественную продукцию. Например, производство безопасного молока с высоким или низким содержанием жира, лактозы, с высоким уровнем содержания омега-3, с антиаллергенными свойствами.

5. Изменение питания животных, которое является ключом к эффективному преобразованию кормов в молоко за счет руминальной функции.

6. Разработка микробиологических тестов, позволяющих определять бактериальную флору рубца и устанавливать коэффициент конверсии пищи и образование загрязняющих веществ, как способ поддержания экологической составляющей. Кроме того, идентифицировать бактерии или штаммы с предполагаемыми пробиотическими свойствами (например, идентификация биологически активных соединений по протеомному анализу) для улучшения технологических процессов, а также для нормализации ферментативных процессов в преджелудках.

7. Профилактика и ранняя диагностика болезней за счет развития и внедрения методов количественной и качественной диагностики патогенов на основе молекулярной биологии при таких заболеваниях, как туберкулез, бруцеллез, чума, мастит, диарея и др., что обеспечит здоровье стада и гигиенические качества продукции.

В заключение можно отметить, что Россия находится в начальной стадии развития биотехнологии. К основным проблемам, препятствующим активному процессу их внедрения, можно отнести: недостаточную организацию исследований на государственном уровне; дефицит специалистов; малое количество специализированных научных и учебных центров.

Для активизации развития биоиндустрии можно рекомендовать следующее:

- максимально способствовать международному научно - техническому сотрудничеству, создавать совместные научные лаборатории и исследовательские центры;
- усилить участие российских специалистов в зарубежных проектах в области биологических исследований;
- внедрять новые инновационные образовательные программы, вводить новые специальности в высших учебных заведениях, тем самым формируя у молодежи интерес к освоению современных профессий.

**Выводы.** В секторе животноводства есть сильные стороны, такие как современная система контроля и мониторинга ряда заболеваний, внедрение высокотехнологического оборудования и др. Но высокие производственные затраты на корма и содержание животных, сложные климатические особенности являются существенным препятствием его развитию. Поэтому, как уже отмечалось, эффективное развитие современного производства, повышение его конкурентоспособности невозможно без внедрения передовых научных исследований, в том числе и в сфере биотехнологии.

Поэтому современные биотехнологии должны сочетаться с традиционными технологиями, которые уже внедрены и используются в хозяйствах. Это гарантирует учет базового уровня технического потенциала животноводческих предприятий и возможность получения стабильного дохода.

### Литература

1. **Википедия.** Биотехнология. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Биотехнология](https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотехнология) (дата обращения: 17.01.2019).
2. **Никульников В. С.** Биотехнология в животноводстве: учеб. пособие для студентов вузов/ – М.: КолосС, 2007. – 534 с.
3. **Bremel R.D., Yom H.C., Bleck G.T.** Alteration of milk composition using molecular genetics // J. Dairy Sci. – 1989. – V. 72. – P. 2826-2833.
4. **Fadiel A., Anidi I., Eichenbaum K.** Farm animal genomics and bioinformatics: an update // Nucleic Acids Research. – 2005. – V. 33 – P. 6308–6318.
5. **Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации** на период до 2020 года (от 24 апреля 2012г. № 1853п-П8) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70068244> (дата обращения: 28.01.2019).
6. **Жигачев А.И., Эрнст А.** О накоплении груза мутаций в породах крупного рогатого скота при интенсивных технологиях воспроизводства и улучшения по целевым признакам: о новых подходах к оценке племенного материала, углубленного генетического анализа результатов селекции на основе достижений биотехнологии // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 6. – С. 25-32.

### Literatura

1. **Vikipediya.** Biotekhnologiya. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Biotekhnologiya> (data obrashcheniya: 17.01.2019).
2. **Nikul'nikov V. S.** Biotekhnologiya v zhivotnovodstve: ucheb. posobie dlya studentov vuzov. – M.: KolosS, 2007. – 534 s.
3. **Bremel R.D., Yom H.C., Bleck G.T.** Alteration of milk composition using molecular genetics // J. Dairy Sci. – 1989. – V. 72. – R. 2826-2833.
4. **Fadiel A., Anidi I., Eichenbaum K.** Farm animal genomics and bioinformatics: an update // Nucleic Acids Research. – 2005. – V. 33 – P. 6308–6318.
5. **Kompleksnaya programma razvitiya biotekhnologij v Rossijskoj Federacii** na period do 2020 goda (ot 24 aprelya 2012g. № 1853p-P8) [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70068244> (data obrashcheniya: 28.01.2019).
6. **Zhigachev A.I., Ernst A.** O nakoplenii gruzha mutacij v porodah krupnogo rogatogo skota pri intensivnyh tekhnologiyah vosproizvodstva i uluchsheniya po celevym priznakam: o novyh podhodah k ocenke plemennogo materiala, uglublennogo geneticheskogo analiza rezul'tatov selekcii na osnove dostizhenij biotekhnologii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2008. – № 6. – S. 25-32.

УДК 636.52/.58:579.62:571.27

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11107

Аспирант **А.В. ДУБРОВИН**(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ООО «БИОТРОФ+», [dubrovin@biotrof.ru](mailto:dubrovin@biotrof.ru))Канд. биол. наук **Л.А. ИЛЬИНА**(ФГБОУ ВО СПбГАУ, ООО «БИОТРОФ+», [ilina@biotrof.ru](mailto:ilina@biotrof.ru))Канд. ветеринар. наук **О.Б. НОВИКОВА**(ВНИВИП – филиал ФНЦ «ВНИТИП» РАН, [ksuvet@mail.ru](mailto:ksuvet@mail.ru))

### **ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НА ЯИЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ИММУННЫЙ ОТВЕТ КУР-НЕСУШЕК ПРИ ЗАРАЖЕНИИ ЭПИЗОТИЧЕСКИМ ШТАММОМ *SALMONELLA ENTERITIDIS***

Известно, что здоровье и продуктивность птицы во многом зависят от состояния пищеварительной системы. У сельскохозяйственных животных и птиц слизистая оболочка кишечника формирует большую поверхность контакта с внешней средой и представляет собой основные ворота для проникновения антигенов [1]. Одна из наиболее распространённых инфекционных болезней в птицеводстве в Российской Федерации – это сальмонеллез, вызываемый бактериями рода *Salmonella*. Данный микроорганизм также нередко ассоциируется со вспышками болезней пищевого происхождения и у людей [2]. Патологический процесс, вызванный некоторыми видами сальмонелл, инициирует у макроорганизма экспрессию генов, в том числе цитокинов (IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-17, IL-22), которые составляют основу системы врожденного иммунитета и способствуют развитию воспалительной реакции. Важную роль в контроле сальмонеллеза играют также антимикробные пептиды дефензины [3], которые подразделяются на два основных класса:  $\alpha$ -дефензины и  $\beta$ -дефензины. У птиц были обнаружены только  $\beta$ -дефензины, аналогами которых являются галлинацины: Gal-1, Gal-1 $\alpha$ , Gal-2, Gal-4 и др. [4]. Известно, что дефензины обладают антимикробными свойствами в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, грибов и ряда вирусов [5] и способны стимулировать приобретенный иммунный ответ против патогенов. Однако целостного представления о формировании иммунного ответа у птицы в ответ на поражение патогенными сальмонеллами до сих пор не сформировалось.

В последние годы научно доказано [6,7], что достойной альтернативой применению антибиотиков могут стать эфирные масла и препараты на их основе. Один из таких примеров – кормовая добавка Интебио<sup>®</sup>, основанная на смеси натуральных эфирных масел, которые в

составе препарата обладают антимикробной активностью, антиоксидантным действием и противовоспалительным эффектом. Применение данной кормовой добавки позволяет снизить или даже полностью исключить использование антибиотиков. Масла, входящие в состав кормовой добавки, препятствуют возникновению респираторных заболеваний, уменьшают падеж птицы.

**Цель исследований** было изучение влияния кормовой добавки на основе смеси эфирных масел Интебио® на яичную продуктивность и иммунный статус кур-несушек.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Экспериментальная часть исследования проходила в условиях вивария ВНИВИП – филиала ФНЦ ВНИТИП РАН, где был поставлен опыт на взрослых курах-несушках с применением кормовой добавки на основе эфирных масел Интебио®.

Исследуемая птица – взрослые куры-несушки кросса Ломанн Белый возрастом более 300 дней в количестве 40 голов содержались с разделением на группы-аналоги: контрольная и опытная. Обе группы содержались в идентичных условиях, с одинаковыми условиями кормления и поения. Вся птица вместе с основным рационом получала кормовой антибиотик Стафак-110, при этом опытная группа также получала кормовую добавку Интебио® с первого дня опыта. Через 3 недели после начала опыта половина поголовья каждой группы была заражена эпизоотическим штаммом *S. enteritidis* в количестве  $5 \times 10^8$  КОЕ в грудную мышцу, после чего было произведено дальнейшее разделение на группы: контроль, зараженный контроль, опыт, зараженный опыт. Спустя сутки после заражения проводился отбор проб тканей слепых отростков (n=3) на дальнейшее лабораторное исследование. Ежедневно проводился контроль веса яиц.

Лабораторное исследование проводилось в молекулярно-генетической лаборатории компании ООО «БИОТРОФ+». Тотальная РНК из образцов была выделена с помощью набора Augum Total RNA («BioRad», США) согласно инструкции производителя. При помощи набора iScript RT Supermix («BioRad», США) была проведена реакция обратной транскрипции для получения кДНК на матрице РНК. Реакция амплификации проводилась при помощи набора SsoAdvanced Universal SYBR Green Supermix («BioRad», США) согласно протоколу производителя. Список праймеров представлен в таблице.

Таблица. **Праймеры для оценки экспрессии генов иммунитета**

Ген	Действие	Праймеры
СХС К60	Хемокин. Участвует в передаче сигналов	F: AGACTCATTTCCAAGTTCATCCA R: TTTGTTCTTTGCTTTAGGATGC
Gal-10	Бета-дефензины птицы. Дефензины - катионные пептиды иммунной системы.	F: GCTCTTCGCTGTTCTCCTCT R: CCCAGAGATGGTGAAGGTG
IL6	Интерлейкины. Сигнальные молекулы.	F: AGGACGAGATGTGCAAGAAGTTC R: TTGGGCAGGTTGAGGTTGTT
b- Actin	Бета-актин. Гены домашнего хозяйства (контроль)	F: ATTGTCCACCGCAAATGCTTC R: AAATAAAGCCATGCCAATCTCGTC

Расчет относительной экспрессии был произведен при помощи метода 2<sup>-ΔΔCt</sup> (Livak & Schmittgen, 2001). В качестве референсного гена был выбран ген белка b-Actin.

**Результаты исследования.** На протяжении опыта в целом средний вес яиц был наиболее высоким в опытной группе, получавшей кормовую добавку на основе смеси эфирных масел.

Среди зараженных групп пик снижения яичной продуктивности был отмечен через 2 дня после заражения. Средний вес яиц в опытной заражённой группе в день пика снижения яйценоскости упал на 5,6% в сравнении с опытной интактной группой. В то же время в заражённой контрольной группе упал на 10% в сравнении с контрольной интактной группой. В среднем после заражения в обеих группах вес яиц упал на 3% в сравнении с интактными аналогами. Стоит отметить, что в контрольной группе значительно чаще, чем в опытной, отмечались случаи расклева яиц.

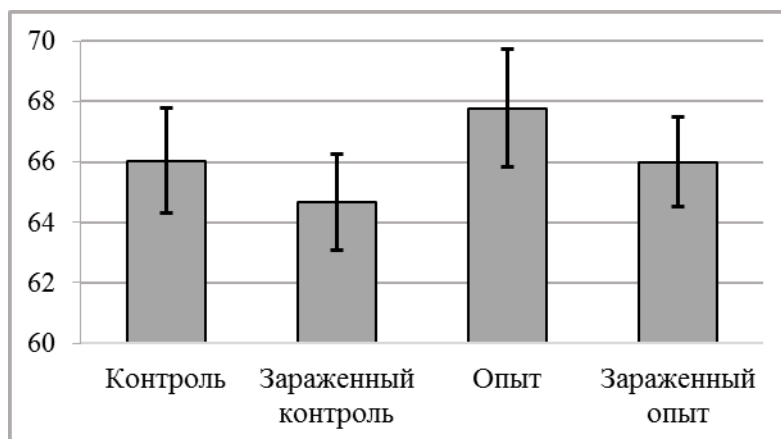


Рис. 1. Средний вес яиц (г) в течение недели после заражения птицы

Через сутки после заражения птицы уровень экспрессии генов, участвующих в иммунном ответе, различался в зависимости от группы. Результаты исследования экспрессии в тканях слепых отростков кур-несушек показаны на рис. 2. Данные демонстрируют уровень экспрессии генов относительно контрольной интактной группы.

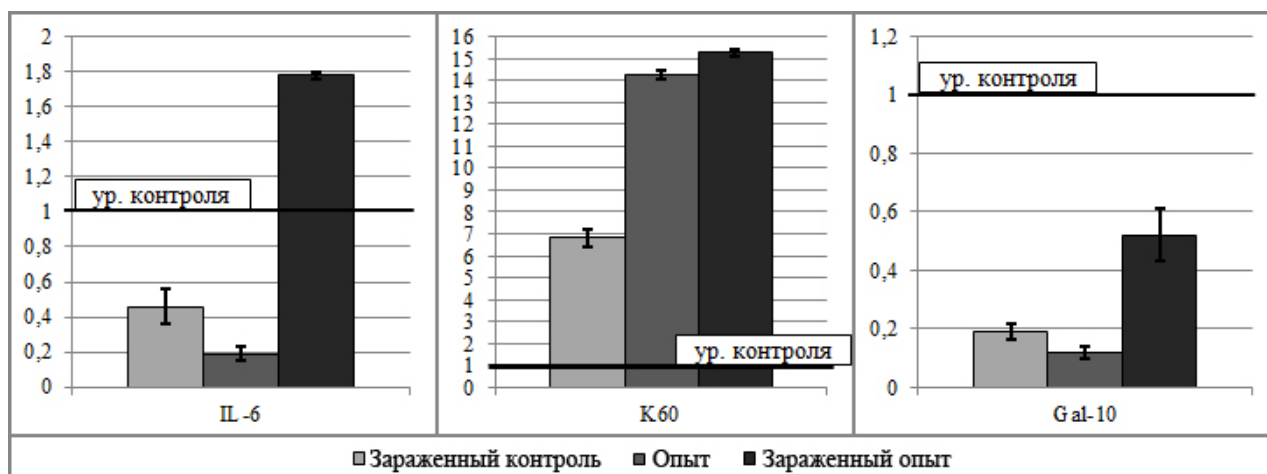


Рис. 2. Уровень относительной экспрессии генов, связанных с иммунитетом, в слепых отростках кур-несушек через сутки после заражения

Интерлейкин 6 (IL6) – это противовоспалительный цитокин (относится к сигнальным молекулам). Основная функция сигнальных молекул – привлечение дополнительных лейкоцитов из кровооборота к месту инфекции, чтобы повысить сопротивление эпителиальных клеток инфекции. Отмечается, что в контрольной зараженной группе уровень экспрессии гена интерлейкина 6 был ниже, чем в интактной, при этом в опытной зараженной группе уровень экспрессии данного гена был более, чем в 1,5 раза выше, в сравнении с контрольной группой без заражения.

Галлинацин 10 (Gal-10) – это бета-дефензин, играет жизненно важную роль во врожденном иммунном ответе на бактериальные инфекции. Иммунные клетки используют дефензины для уничтожения бактерий, поглощённых при фагоцитозе. Бета-дефензины обнаруживаются в лейкоцитах и эпителиальных клетках. Экспрессия гена галлинацина 10 во всех трех группах была ниже уровня контроля, однако в опытной зараженной группе экспрессия была более, чем в 2 раза выше, в сравнении с контрольной зараженной группой.

К60 – хемокин, группы СХС, участвующий в передаче сигналов между иммунными клетками. Экспрессия хемокина группы СХС К60 в контрольной зараженной группе был в 7 раз выше по сравнению с контролем без заражения. При этом экспрессия в опытной группе была выше в 14 раз в интактной группе и в 15 раз – в зараженной группе.

Наблюдения показали, что уровень экспрессии противовоспалительного цитокина IL-6 и бета-дефензина Gal-10, используемого для уничтожения антигенов, в опытной группе без заражения был ниже, чем в контрольной группе, при этом значительно выше контрольной группы был уровень экспрессии хемокина CXС К60, участвующего в передаче сигналов между иммунными клетками. Также было отмечено, что экспрессия всех исследованных генов в опытной зараженной группе была выше, чем в контрольной зараженной группе. Полученные данные могут свидетельствовать, что при применении кормовой добавки на основе эфирных масел организм, не подверженный заражению, находился в более стабильном состоянии с признаками более высокой готовности к иммунному ответу, а спустя сутки после заражения эпизоотическим штаммом *S. enteritidis* наблюдался более эффективный запуск иммунного ответа. О более стабильном состоянии кур, получавших кормовую добавку, также свидетельствовал более высокий средний вес яиц как в зараженной, так и незараженной группах.

**Выводы.** Таким образом, данные результаты могут свидетельствовать об иммуномодулирующих свойствах кормовой добавки, так как под её воздействием наблюдался более эффективный запуск иммунитета. Было обнаружено, что добавление в рацион кур-несушек кормовой добавки на основе эфирных масел приводило к повышению иммунной резистентности и увеличению среднего веса яиц. Иммунный ответ у птицы, получавшей кормовую добавку, при заражении был более выраженным, а снижение яичной продуктивности было менее выраженным.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Правительства Российской Федерации № 14.W03.31.0013.*

### Литература

1. Лаптев Г. Кормление животных и микрофлора // Животноводство России. – 2010. – № 2. – С. 56-57.
2. Mughini-Grass L., Enserink R., Friesema I., Heck M., Duynhoven Y., Pelt W. Risk factors for human salmonellosis originating from pigs, cattle, broiler chickens and egg laying hens: a combined case-control and source attribution analysis // PLoS ONE. – 2014 – Vol. 9(2). – P. 1-9.
3. Akbari M.R., Haghghi H.R., Chambers J.R., Brisbin J., Read L.R., Sharif S. Expression of antimicrobial peptides in cecal tonsils of chickens treated with probiotics and infected with *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium // Clinical and Vaccine Immunology. – 2008 – №15 – P. 1689-1693.
4. Lynn D.J., Higgs R., Loyd, A.T., O'farrelly C., Herve-Grepinet V., Nys Y., Brinkman F.S., Yu P.L., Soulier A., Kaiser P., Zhang G. and Lehrer R.I. Avian beta-defensin nomenclature: a community proposed update // Immunology Letters. – 2007. – №110. – P. 86-89.
5. Ganz T. Defensins: antimicrobial peptides of innate immunity // Nature Reviews Immunology. – 2003 – №3. – P. 710-720.
6. Крюков В.С., Глебова И.В. Антибактериальное действие эфирных масел лекарственных растений (обзор) // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2017. – №3. – С. 5-25.
7. Yang Ch, Kabir Chowdhury M.A., Yongqing Hou, Joshua Gong. Phytogenic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application // Pathogens – 2015. – Vol. 4. – P. 137-156.

### Literatura

1. Laptev G. Kormlenie zhivotnyh i mikroflora // ZHivotnovodstvo Rossii. – 2010. – № 2. – S. 56-57.
2. Mughini-Grass L., Enserink R., Friesema I., Heck M., Duynhoven Y., Pelt W. Risk factors for human salmonellosis originating from pigs, cattle, broiler chickens and egg laying hens: a combined case-control and source attribution analysis // PLoS ONE. – 2014 – Vol. 9(2). – P. 1-9.

3. **Akbari M.R., Haghghi H.R., Chambers J.R., Brisbin J., Read L.R., Sharif S.** Expression of antimicrobial peptides in cecal tonsils of chickens treated with probiotics and infected with *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium // *Clinical and Vaccine Immunology*. – 2008 – №15 – P. 1689-1693.
4. **Lynn D.J., Higgs R., Loyd, A.T., O'farrelly C., Herve-Grepinet V., Nys Y., Brinkman F.S., Yu P.L., Soulier A., Kaiser P., Zhang G. and Lehrer R.I.** Avian beta-defensin nomenclature: a community proposed update // *Immunology Letters*. – 2007. – №110. – P. 86-89.
5. **Ganz T.** Defensins: antimicrobial peptides of innate immunity // *Nature Reviews Immunology*. – 2003 – №3. – P. 710-720.
6. **Kryukov V.S., Glebova I.V.** Antibakterial'noe dejstvie efirnyh masel lekarstvennyh rastenij (obzor) // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. – 2017. – №3. – S. 5-25.
7. **Yang Ch, Kabir Chowdhury M.A., Yongqing Hou, Joshua Gong.** Phytogetic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application // *Pathogens* – 2015. – Vol. 4. – P. 137-156.



УДК 663.91522

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11112

Доктор техн. наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, mysnegana@mail.ru)

Канд. техн. наук **В.С. ВОЛКОВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, vol9795@yandex.ru)

### **К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУСПЕНЗИЙ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРАХ**

Современные рыночные условия предполагают использование предприятиями агропромышленного комплекса оборудования нового типа, обеспечивающего улучшение качества продукции, повышение эффективности производства и снижение его энергоемкости.

Ведущая роль во многих технологических операциях отводится перемешиванию растительного и животного сырья. На сегодняшний день процессы обработки материалов в АПК протекают с применением мощных мешалок. При этом энергоемкости процесса отводится второстепенная роль, что экономически нецелесообразно. Проблема создания перемешивающего оборудования, обеспечивающего повышение интенсивности процесса и получение продукта с рациональными показателями качества при одновременном сокращении энергетических затрат, является открытой.

Внедрение методов физической активации с применением электромагнитных полей в аппаратурно-технологические системы производств АПК является одним из перспективных направлений в интенсификации процесса перемешивания.

**Цель исследований** – сокращение энергетических затрат на осуществление процесса перемешивания сырья растительного и животного происхождения в инновационных аппаратах — электромеханических диспергаторах.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объектом исследования являются электромеханические диспергаторы. К предмету исследования относятся физико-механические закономерности процесса перемешивания продуктов растительного и животного происхождения в магнитоожигенном слое из ферромагнитных элементов электромеханических диспергаторов.

**Результаты исследования.** При моделировании процесса перемешивания продукта в электромеханических диспергаторах [1, 2], прежде всего, следует установить динамические и энергетические закономерности параметров магнитоожигенного слоя из ферротел цилиндрического исполнения — единичных мешалок. Оптимизация этих характеристик позволит выявить направления интенсификации процесса с целью повышения энергоэффективности работы аппаратов.

Изучение характеристик гидравлического сопротивления профиля  $\nu(r)$  и поверхностей, ограничивающих объем обработки продукта, проведено на базе моделирования рабочих процессов при турбулентном обмене импульсных взаимодействий перерабатываемой среды с рабочими органами и поверхностями аппарата.

Установившееся (равновесное) состояние перемещения элементарного объема перерабатываемого вещества (суспензии) в рабочем объеме электромеханического диспергатора цилиндрического исполнения с параметрами рабочего объема  $r$  и  $r+dr$  при высоте элементарного объема  $Y^g$  достигается при равновесии приложенных к этому объему моментов:

$$dM_{кр} - dM_{сопр} - dM_{кас} = 0, \quad (1)$$

где  $dM_{кр}$  — параметры крутящего момента, приложенного к рассматриваемому объему суспензии  $Y^g$  на участке  $dr$  электромеханического диспергатора, Дж;

$dM_{кас}$  — параметры момента, возникающего в системе при касательном взаимодействии потока вещества с образующими рабочий объем поверхностями аппарата  $r$  и  $r+dr$ , Дж;

$dM_{сопр}$  — параметры момента сил гидравлического сопротивления при контактном взаимодействии суспензии объемом  $Y^g$  с рабочими поверхностями корпуса устройства  $r$  и  $r+dr$ , Дж.

В выражении (1) моменты  $dM_{кр}$ ,  $dM_{кас}$  и  $dM_{сопр}$  имеют следующие значения:

$$M_{кр} = \varphi(r)dr. \quad (2)$$

$$dM_{кас} = 2\pi Y^g d[r^2 \tau(r)]. \quad (3)$$

$$dM_{сопр} = dM_{вн} + dM_{дн}, \quad (4)$$

где  $\varphi(r)$  — функция плотности распределения крутящего момента по радиусу, Дж/м;

$\tau(r)$  — касательное напряжение на поверхности радиуса  $r$ , Па;

$dM_{вн}$  — момент сопротивления элементарного участка площади неподвижных цилиндрических поверхностей, ограничивающих рабочий объем устройства.

Моделирование вращательного перемещения суспензии, согласно исследованиям Прандтля [3], может быть вычислено по формуле:

$$\tau \approx \rho l^2 \left( \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} \right) \left| \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} \right|, \quad (5)$$

где  $l$  — длина перемещения исследуемого объема суспензии в аппарате, м.

С учетом того, что рассматривается осесимметричная задача при постоянном значении по высоте скорости перемещения суспензии устройства, в выражении (5) частные производные заменены обыкновенными.

Если максимальная окружная скорость перемещения объема суспензии в рабочем объеме аппарата расположена на уровне радиуса  $r_m$ , то можно предположить, что при турбулентном движении с учетом коэффициента пропорциональности  $\alpha$  принимается пропорционально ширине зоны турбулентного перемешивания, длина пути объема суспензии при  $0 \leq r \leq r_m$  составит [4]:

$$L = \alpha L. \quad (6)$$

$$R - r_m \text{ при } r_m \leq r \leq R. \quad (7)$$

Тогда выражение для  $dM_{кас}$  при плотности перерабатываемой суспензии  $\rho$  примет вид:

$$dM_{кас} = 2\pi Y^g \alpha^2 \rho L^2 d \left[ r^2 \left( \frac{d g}{dr} + \frac{g}{r} \left| \frac{d g}{dr} + \frac{g}{r} \right| \right) \right]. \quad (8)$$

При функции плотности распределения  $\psi(r)$ :

$$\psi(r) = \begin{cases} \sum_{z_{BH}} \xi_i \frac{v^2}{2} h_i r, & \text{для } r \in \Omega_{BH}; \\ 0, & \text{для } r \notin \Omega_{BH} \end{cases}$$

(здесь  $h_i$  – высота  $i$ -го внутреннего устройства, м;  $\Omega_{BH}$  – определенные радиусы взаимодействия потока суспензии, перемещающего по касательной относительно элементов устройства), то момент  $M_{BH}$  вычисляется по формуле:

$$M_{BH} = \psi(r) dr \quad (9)$$

Для количественного анализа значений касательного напряжения используются эмпирические зависимости  $C_f = f(\text{Re})$ .

Уравнение равновесия рассматриваемого перерабатываемого в аппарате объема суспензии имеет вид:

$$\frac{d}{dr} \left[ r^2 \left( \frac{dv(r)}{dr} + \frac{v(r)}{r} \right) \left| \frac{dv(r)}{dr} + \frac{v(r)}{r} \right| \right] - \frac{\varphi(r) - \psi(r) - 0,288 \rho (E_0 v)^{0,25} v(r) \pi r^2}{2 \pi Y^g \rho \alpha^2 L^2} = 0. \quad (10)$$

При условии однозначности:

$$v(r) = \omega_0 r_B, \text{ при } r = r_B \quad (11)$$

(здесь  $\omega_0$  – окружная скорость жидкости у поверхности перемешивающего органа, 1/с;  $r_B$  – радиус перемешивающего органа, м), интегральное условие равновесия моментов можно представить в виде:

$$M_{KP} = M_{BH} + M_{ДН} + M_{СТ}, \quad (12)$$

где 
$$M_{KP} = \int_0^R \phi(r) dr. \quad (13)$$

$$M_{BH} = \int_0^R \psi(r) dr. \quad (14)$$

$$M_{ДН} = 0,288 \rho \pi (E_0 v)^{0,25} \int_0^R v(r) r^2 dr. \quad (15)$$

$$M_{СТ} = 2 \pi H R^2 \tau. \quad (16)$$

В турбулентном пограничном слое суспензии с кинематической вязкостью  $\nu$  и турбулентной вязкостью  $\nu_t$  и скоростью перемещения  $v$  у поверхности рабочих органов аппарата перенос импульса можно описать выражениями [5]:

$$\tau = \rho (v + \nu_t) \frac{dv}{dy}. \quad (17)$$

$$\tau = \frac{\nu}{R_t} \quad (18)$$

Сопротивление переносу импульса  $R_t$  определяется по уравнению:

$$R_t \approx \int_0^\infty \frac{dy}{\rho(\nu + \nu_t)} \quad (19)$$

После интегрирования получено расчетное уравнение:

$$R_t = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \frac{\delta_0}{\rho\nu} \quad (20)$$

В выражение (19) включено понятие толщины вязкого подслоя  $\delta_0$ .

Между этой величиной и скоростью перемещения существует зависимость (Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, 1973 г.):

$$\nu_0 \frac{\delta_0}{\nu} = 11,5.$$

Тогда в соответствии с выражениями (18) и (20) имеем:

$$\frac{\tau}{\nu} = 0,078\rho\nu. \quad (21)$$

$$M_{CT} = 2\pi HR^2 \tau, \quad (22)$$

где  $R$  — радиус аппарата, м;  
 $\tau$  — касательное напряжение, Па.

Принимая во внимание, что окружная скорость жидкости  $\nu$  ( $r = R - \delta_0$ ), величина  $\tau = \tau(R)$  может быть определена выражением:

$$\tau(R) = 0,144\rho(E_0\nu)^{0,25} \nu(r). \quad (23)$$

С учетом выражения:

$$C_f = 0,288(E_0\nu)^{0,25} \frac{\nu(R)}{\nu_{cp}^2} \quad (24)$$

формула для вычисления коэффициента сопротивления поверхностей, ограничивающих рабочий объем обработки продукта, имеет вид:

$$C_f = 0,288E_0^{0,25} \frac{\nu(R)R^{0,25}}{\nu_{cp}^{1,75}} \text{Re}^{-0,25}. \quad (25)$$

Или в экспериментальном виде, полученном в результате анализа экспериментальных данных при измерении окружных скоростей (Рейнольдс А. Дж. Турбулентное течение в инженерных приложениях, 1979 г.):

$$\lambda_t = 0,288E_0 \frac{0,25\nu(R)R^{6,25}}{\nu_{cp}^{1,25}}. \quad (26)$$

Графическая зависимость  $\lambda_t = f(\bar{R})$  приведена на рис. 1.

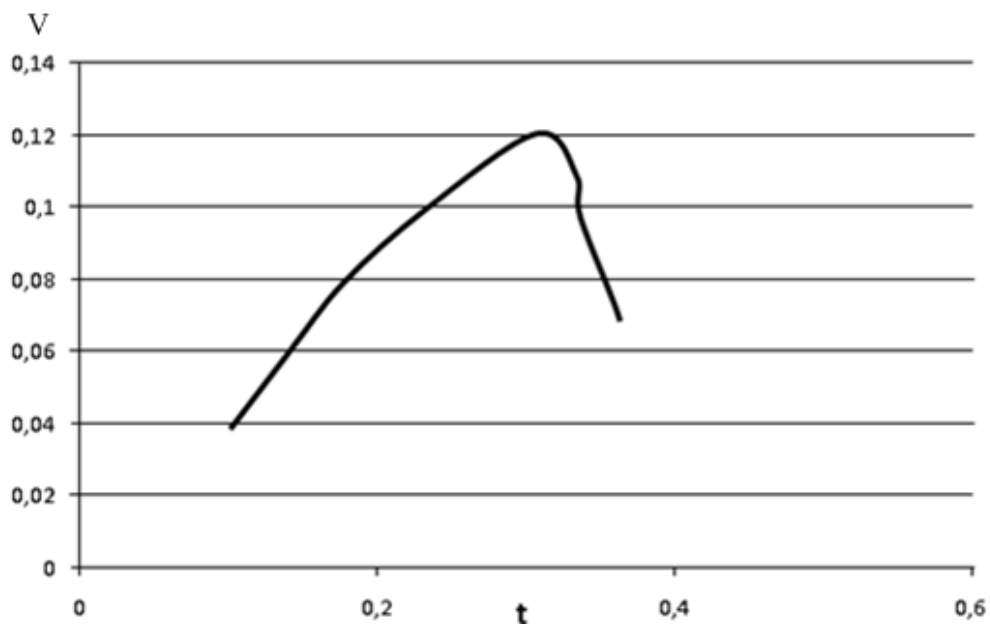


Рис. 1. К механизму формирования окружного потока (уравнение 26)

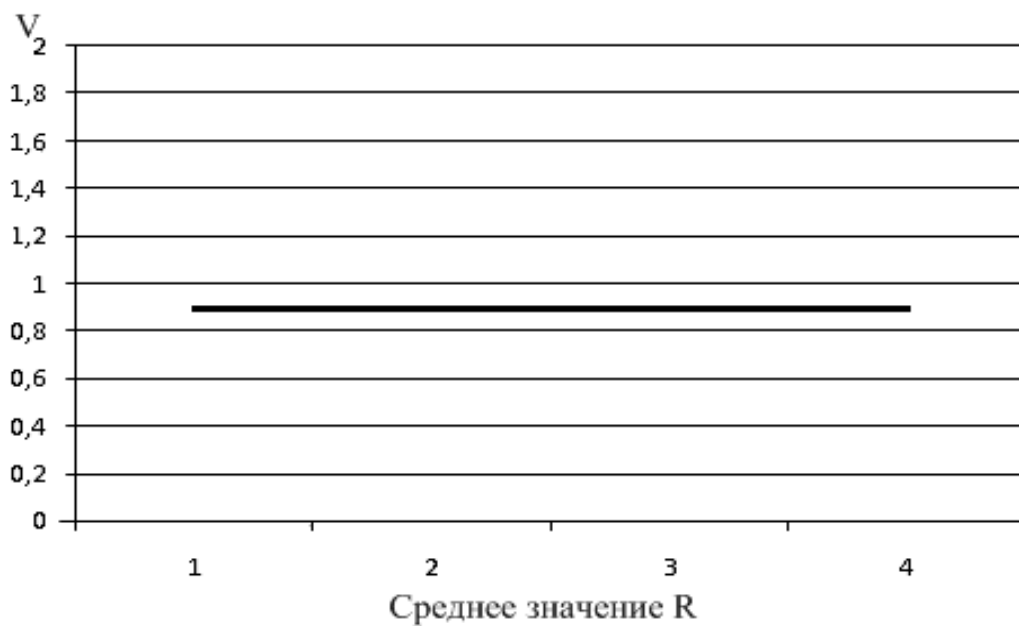


Рис. 2. Графическая зависимость  $\lambda_t = f(\bar{R})$

Результаты численного решения уравнений (10, 11, 12) при значении  $\alpha = 0,07$ , приведены на рис. 3 и 4.

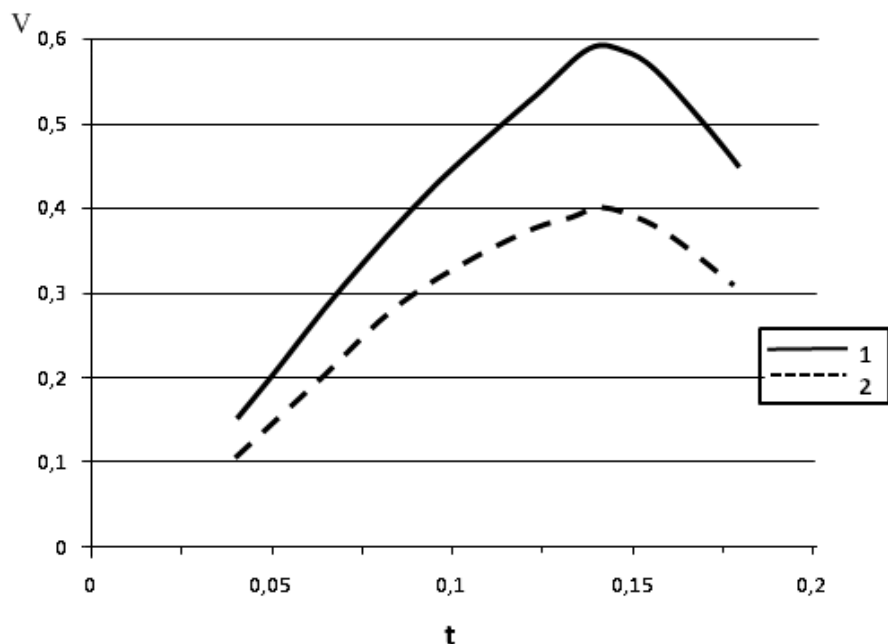


Рис. 3. К расчету уравнений 10 (1) и 11(2)

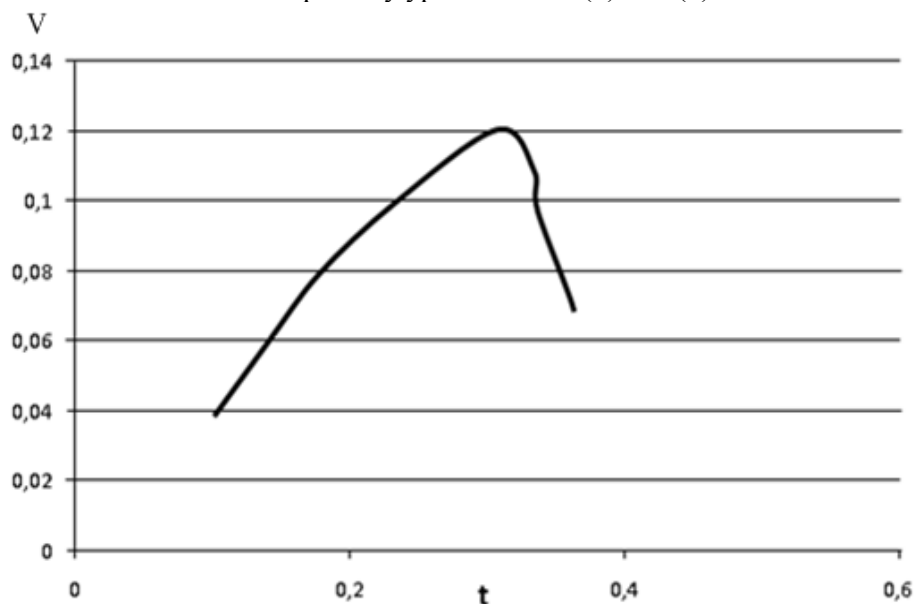


Рис. 4. К расчету уравнения 12

**Выводы.** Анализ результатов исследований и расчетных данных показывает, что представленная модель правильно отражает механизм формирования окружающего потока суспензии в процессе перемешивания, реализуемого в электромеханических диспергаторах.

#### Литература

1. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу исследования режимов работы электромагнитных смесителей // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. – С. 117-119.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С. Моделирование электромагнитных полей в аппаратах с магнитоожигенным слоем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (49). – С. 259-268 .
3. Жерновая И.М., Кафаров В.В. Теория и практика перемешивания в жидких средах. – М.: НИИТЭхим, 1982. – С. 98-99.
4. Брагинский Л. Н.и др. Перемешивание в жидких средах. – М.: Химия, 1984. – 336 с.
5. Васильцов Э.А. Аппараты для перемешивания жидких сред. – Л.: Машиностроение, 1979. – 254 с.

### Literatura

1. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** K voprosu issledovaniya rezhimov raboty ehlektromagnitnyh smesitelej // *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. – 2015. – № 9. – S. 117-119.
2. **Bezzubceva M.M., Volkov V.S.** Modelirovanie ehlektromagnitnyh polej v apparatah s magnitoozhizhennym sloem // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2017. – № 4 (49). – S. 259-268.
3. **ZHernovaya I.M., Kafarov V.V.** Teoriya i praktika peremeshivaniya v zhidkih sredah. – M.: NIPTENkhim, 1982. – S. 98-99.
4. **Braginskij L. N.i dr.** Peremeshivanie v zhidkih sredah. -M.: Himiya, 1984. – 336 s.
5. **Vasil'cov E.H.A.** Apparaty dlya peremeshivaniya zhidkih sred. – L.: Mashinostroenie, 1979. – 254 s.

УДК 621.926.76:637.513.4522

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11118

Аспирант **И.И. УСМАНОВ**  
(Университет ИТМО, ilhomusmanov@mail.ru)

### УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПИЩЕВОГО МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ ВОЛЧКОВ

Проблема энергосбережения при эксплуатации пищевого технологического оборудования и, в частности, техники для измельчения мясного сырья, требует на стадии ее разработки углубленного изучения и обоснования определяющих параметров, что отражено в работах [1, 4, 5].

В общей проблеме создания корректной математической модели функционирования волчков и мясорубок не нашли до настоящего времени достаточно корректного обоснования такие частные вопросы, как обоснование формы и остроты заточки режущей кромки лезвия ножа, оценка прочностных и физико-механических характеристик мяса, определение минимального требуемого давления в зоне резания (в стыке нож-решетка), работа деформации мяса в шнековом канале, оценка влияния угла наклона последнего витка шнека на момент затяжки центральной зажимной гайки волчка, определение совместной деформации прогиба ножа и решетки, а также их износа.

**Целью исследования** является теоретическая оценка минимального требуемого давления мясного сырья в зоне резания на основе условия равновесия действующих сил. При этом решается задача создания математической модели зависимости величины этого давления от напряжения среза мясного сырья и других его физико-механических и деформационных свойств, а также конструктивных параметров элементов волчка.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Материалами исследования выбраны предварительные результаты описания процессов деформации, перемещения и экструзии мясного сырья в волчках, базирующиеся на такой характеристике продукта, как удельное усилие резания и без учета убывающих по оси отверстия сил трения, что не дает достаточной точности расчетов. В качестве метода исследования определено аналитическое математическое моделирование процесса экструзии мяса сквозь отверстия выходной решетки волчка. При этом приоритетными элементами и объектами исследования процесса экструзии являются:

- усилие среза, действующее на поверхности жгута мясного сырья;
- сила трения внешней поверхности мясного жгута о внутреннюю поверхность цилиндрического отверстия в условиях стесненного сжатия при перемещении мясного сырья сквозь перфорированную решетку;
- движущая сила процесса истечения (экструзии) мясного сырья;

-дополнительные внутренние напряжения, обусловленные условиями стесненного сжатия материала.

**Результаты исследования.** Как отмечается в работах [1-3], одним из важнейших параметров, определяющих качество процесса измельчения и его энергоемкость, является давление мясного сырья в зоне резания, а именно в стыке нож-решетка. Авторами утверждается, что «для обеспечения выхода мясного жгута из отверстия измельчительной решетки, необходимо преодолеть усилие резания сырья о кромку отверстия, а также силы трения внешней поверхности мясного жгута при скольжении по внутренней поверхности выходного отверстия», что не совсем верно. В действительности движущей силе процесса экструзии необходимо преодолеть усилие, обусловленное напряжениями среза, действующими по цилиндрической поверхности мясного жгута. Кроме того, в связи с большим разбросом удельного усилия резания мясного сырья в зависимости от толщины разрезаемых волокон [2], а также с вероятностным, случайным характером их ориентации относительно входных отверстий решетки [6] использование напряжений среза в качестве определяющей физико-механической характеристики процесса экструзии представляется значительно более точным. Необходимо также учитывать условие стесненного сжатия материала, вызывающее дополнительное боковое давление на стенку отверстия выходной решетки. Таким образом, исходя из схемы продавливания жгута пищевого материала (мясного сырья) сквозь отверстие перфорированной решетки волчка, уравнение равновесия сил в проекции на продольную ось отверстия может быть записано в виде:

$$F_{\text{срез}} + F_{\text{тр}} + F_{\text{дв}} = 0, \quad (1)$$

где  $F_{\text{срез}}$  – усилие среза, действующее по поверхности цилиндрического жгута мясного сырья, Н;

$F_{\text{тр}}$  – сила трения внешней поверхности мясного жгута о внутреннюю поверхность цилиндрического отверстия при перемещении мясного сырья (или иного пищевого материала) сквозь перфорированную решетку, Н;

$F_{\text{дв}}$  – движущая сила процесса истечения (экструзии) мясного сырья, обусловленная требуемой величиной минимального значения давления на торцевую площадку непосредственно перед решеткой, Н.

Для круглого цилиндрического отверстия усилие  $F_{\text{срез}}$  может быть представлено в виде:

$$F_{\text{срез}} = \sigma_{\text{ср}} \pi d \delta, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр отверстия решетки, м;

$\delta$  – толщина выходной измельченной решетки, м;

$\sigma_{\text{ср}}$  – напряжение среза для мясного сырья, Н/м<sup>2</sup>.

Движущая сила процесса экструзии сырья  $F_{\text{дв}}$  должна обеспечивать преодоление усилия среза по цилиндрической поверхности мясного жгута и силы его трения о внутреннюю поверхность отверстия [7]. С другой стороны, она определяется величиной давления  $p_0$  в зоне контакта пары нож-решетка в соответствии с соотношением:

$$F_{\text{дв}} = p_0 \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3)$$

где  $p_0$  – необходимая величина минимального значения давления мясного сырья в зоне резания, обеспечивающая его перемещение сквозь отверстия измельчительной решетки, Па.

Сила трения мясного сырья о внутреннюю поверхность цилиндрического отверстия может быть определена по закону Кулона:

$$F_{\text{тр}} = f F_{\text{нд}}, \quad (4)$$

где  $f$  – коэффициент трения мясного сырья о внутреннюю поверхность отверстия выходной измельчительной решетки;



$F_{нд}$  – сила нормального давления мясного сырья на внутреннюю цилиндрическую поверхность отверстия решетки, Н.

Сила нормального давления  $F_{нд}$  может быть определена через произведение среднего значения нормальных напряжений  $\sigma_r^{cp}$  в перпендикулярном направлении к оси отверстия на площадь его цилиндрической или призматической поверхности (рис.1.А, 1.Б):

$$F_{нд} = \sigma_r^{cp} \pi d \delta,$$

где  $\sigma_r^{cp}$  – среднее значение нормальных напряжений в направлении, перпендикулярном к оси отверстия, Па.

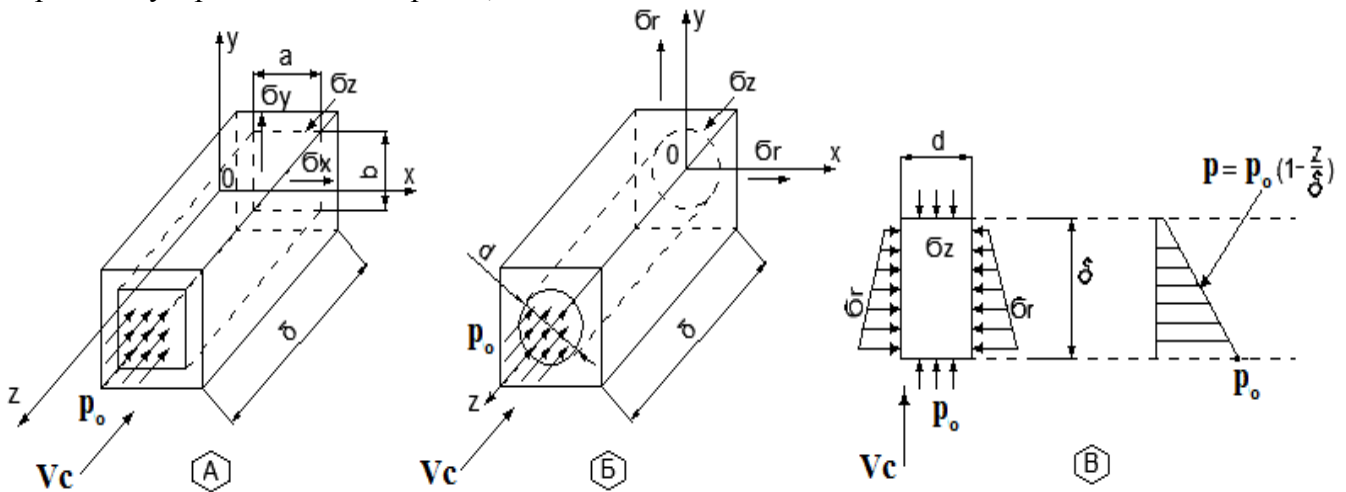


Рис. 1. Схема нагружения мясного жгута в условиях стесненного сжатия и наличия сил трения

Таким образом, сила трения при течении мясного сырья приобретает вид:

$$F_{тр} = \sigma_r^{cp} \pi d \delta * f \tag{5}$$

Что касается среднего значения нормальных напряжений в жгуте мясного сырья в направлении, перпендикулярном оси отверстия при продавливании сквозь измельчительную решетку, воспользуемся известным из теории упругости решением задачи стесненного сжатия:

$$\sigma_r^{cp} = \frac{-\mu \cdot p(z)}{(1-\mu)} \tag{6}$$

При этом необходимо иметь в виду, что давление мясного сырья в отверстии выходной измельчительной решетки уменьшается от искомого давления  $P_0$  продукта в стыке с ножом до атмосферного давления на выходе из решетки (рис.1 В).

Для учета влияния сил трения на величину требуемого давления в условиях стеснённого сжатия и продавливания (наличие кинематического перемещения жгута и возникновение силы трения скольжения), рассмотрим обобщенный закон Гука при соответствующих граничных условиях,

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} \cdot [\sigma_x - \mu \cdot (\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} \cdot [\sigma_y - \mu \cdot (\sigma_z + \sigma_x)] \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - \mu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)] \end{aligned} \right\} \tag{7}$$

Граничные условия в нашем случае примут вид:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0;$$

- условия стеснения;

$$\sigma_z = -p(z) - f \cdot \sigma_x; \quad \text{- условие, учитывающее наличие силы трения на поверхности отверстия;}$$

$$\sigma_x = \sigma_y; \quad \text{- условие симметрии.}$$

Для случая цилиндрического отверстия система уравнений (7) и граничные условия примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_z &= \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - 2 \cdot \mu \cdot \sigma_r] \\ \varepsilon_r &= \frac{1}{E} \cdot [\sigma_r - \mu \cdot (\sigma_z + \sigma_r)] \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\varepsilon_r = 0; \quad (9)$$

$$\sigma_z = -p(z) - f \cdot \sigma_r \quad (10)$$

Из первого уравнения системы (8), с учетом (9), получим;

$$\sigma_r - \mu \cdot (\sigma_z + \sigma_r) = 0. \quad (11)$$

Подставим условия (10) в (11), запишем:

$$\sigma_r - \mu \cdot [-p(z) - f \cdot \sigma_r + \sigma_r] = 0; \quad (12)$$

Решая уравнение (12) относительно  $\sigma_r$ , получим:

$$\sigma_r = \frac{-\mu \cdot p(z)}{1 - \mu \cdot (1 - f)} \quad (13)$$

Знак минус в уравнении (13) свидетельствует о сжимающем действии напряжения  $\sigma_r$ .

Абсолютное значение напряжения бокового давления  $\sigma_r$  на стенку цилиндрического отверстия примет вид:

$$\sigma_r = \frac{\mu \cdot p(z)}{1 - \mu \cdot (1 - f)} \quad (14)$$

Среднее по длине отверстия напряжение  $\sigma_r^{cp}$  может быть определено из уравнения:

$$\sigma_r^{cp} = \frac{\mu \cdot P_{cp}}{1 - \mu \cdot (1 - f)}, \quad (15)$$

где  $P_{cp}$  – среднее значение давления, равномерно распределенного по длине отверстия.

Действительно, как было отмечено ранее, давление  $P$  по длине отверстия меняется от максимального  $P_0$  до атмосферного:  $p = p(z)$ .

Запишем линейное приближение приведенной зависимости:

$$p(z) = p_0 \cdot \left(1 - \frac{z}{\delta}\right) \quad (16)$$

Тогда

$$p_{cp} = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} p_0 \cdot \left(1 - \frac{z}{\delta}\right) \cdot dz \quad (17)$$

После интегрирования уравнения (17), получаем:

$$p_{cp} = \frac{p_0}{2} \quad (18)$$

С учетом соотношения (4), (15), (18), запишем выражения для силы трения в виде:

$$F_{тр} = \frac{p_0 \pi d f \delta}{2[1-\mu(1-f)]} \quad (19)$$

Подставляя полученные выражения (2), (3) и (19) в уравнение (1), и проектируя его на продольную ось отверстия OZ, получим:

$$\sigma_{cp} \pi d \delta + \frac{\pi d \delta f \mu p_0}{2[1-\mu(1-f)]} - p_0 \frac{\pi d^2}{4} = 0 \quad (20)$$

Преобразуем уравнение (20) к виду:

$$\sigma_{cp} = \frac{p_0}{4\delta} \left[ d - \frac{2\delta f \mu}{1-\mu(1-f)} \right] \quad (21)$$

Из соотношения (21) найдем искомое значение требуемого давления  $p_0$  в зоне резания мясного сыра:

$$p_0 = \frac{4\sigma_{cp}\delta}{d - \frac{2f\mu\delta}{1-\mu(1-f)}} \quad (22)$$

**Выводы.** Как следует из уравнения (22), величина требуемого давления определяется напряжением среза, определяющим прочностные характеристики мясного сыра; коэффициентом Пуассона, характеризующим его деформационные свойства; коэффициентом трения мясного сыра, определяющим характер взаимодействия мясной ткани с цилиндрической поверхностью отверстия; а также такими геометрическими параметрами отверстия, как его диаметр и толщина измельчительной решётки.

Полученное соотношение является основной исходной математической моделью для дальнейшего аналитического описания всех предшествующих процессов деформации мясного сыра в шнековом канале, транспортировки продукта и его трения о поверхность шнека.

Следует подчеркнуть, что полученное математическое соотношение выгодно отличается от упрощенного варианта, приведенного в известной классической работе [4] А.И. Пелеева, уточняя его расчеты на 25-30% и существенно приближая их к реальным экспериментальным данным.

### Литература

1. Пеленко В.В., Малявко Д.П., Усманов И.И. и др. Оптимизация процесса измельчения пищевых материалов в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2016. – № 2(28). – С. 32-39
2. Сидоряк А.Н. Совершенствование процесса измельчения мяса: автореф. канд. техн. наук. – М.: МГУПБ, 2007. – 22 с.
3. Бабиченко Л.В. Основы технологии пищевых производств. – М.: Экономика, 1983. – 216 с.
4. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1971. – 518 с.

5. **Ивашов В.И.** Оборудование для переработки мяса. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.
6. **Горяев В.В.** Совершенствование конструкций и методики расчета режущего механизма волчков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.14 / В.В.Горяев; Моск. технол. ин-т мясной и молочной пром-сти. – М., 1989.
7. **Пеленко В.В., Арет В.А., Кайка А.Х. и др.** / Разработка математической модели процесса измельчения мясного сырья в волчках // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 27.

#### Literatura

1. **Pelenko V.V., Malyavko D.P., Usmanov I.I. i dr.** Optimizaciya processa izmel'cheniya pishchevykh materialov v volchkah // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv. – 2016. – № 2(28). – S. 32-39
2. **Sidoryak A.N.** Sovershenstvovanie processa izmel'cheniya myasa: avtoref. kand.tekhn.nauk. – М.: MGUPB, 2007. – 22 s.
3. **Babichenko L.V.** Osnovy tekhnologii pishchevykh proizvodstv. – М.: ENkonomika, 1983. – 216 s.
4. **Pelev A.I.** Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatij myasnoj promyshlennosti. – М.: Pishchepromizdat, 1971. – 518 s.
5. **Ivashov V.I.** Oborudovanie dlya pererabotki myasa. – SPb.: GIORД, 2007. – 464 s.
6. **Goryaev V.V.** Sovershenstvovanie konstrukcij i metodiki rascheta rezhushchego mekhanizma volchkov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.14 / V.V.Goryaev; Mosk. tekhnol. in-t myasnoj i molochnoj prom-sti. – М., 1989.
7. **Pelenko V.V., Aret V.A., Kajka A.H. i dr.** / Razrabotka matematicheskoy modeli processa izmel'cheniya myasnogo syr'ya v volchkah // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv. – 2013. – № 3. – S. 27.

УДК 631.5/633.222

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11123

Канд. техн. наук **А.Н. ПЕРЕКОПСКИЙ**  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, aperekopskii@mail.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН НА КАРУСЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

Решение проблемы кормопроизводства тесно связано с необходимостью организации семеноводства многолетних трав, перехода на посевы семенами высокоурожайных и устойчивых сортов трав. Для размножения необходимо брать семена только селекционных сортов, выведенных в местных условиях. Опытами установлено, что при посеве селекционными сортами урожайность в среднем на 10 ц/га больше по сравнению с посевами несортными семенами.

Иногда семена трав, завезенные из других природных зон, непригодны для семеноводческих целей. Известны случаи гибели посевов по различным причинам клеверов, райграса пастбищного, ежи сборной, семена которых были завезены из стран Европы и южных областей России.

Для производства достаточного количества кормов из многолетних трав нужно наладить их семеноводство, выращивать необходимое количество высококачественных семян трав, правильно организовать и своевременно проводить их послеуборочную обработку.

В общем понимании технология – это процесс превращения исходного материала в материал, обладающий иными, предварительно заданными свойствами. Применительно к послеуборочной обработке семян многолетних трав – это процесс получения из влажного

вороха сухих, очищенных до необходимых требований, семян, имеющих необходимые, определяемые стандартом, посевные качества [1, 2].

Наиболее важным и затратным по расходу топлива, затратам труда в производстве семян трав является процесс их сушки. Разнородность физических свойств зерна и семян трав показывает, что нельзя механически переносить режимы сушки зерна на сушку семян трав. Вследствие меньшей скважности слой семян трав оказывает большое сопротивление движению воздуха. Во избежание потерь семян нужно в слой подавать теплоноситель со значительно меньшей скоростью, чем при сушке зерновых. Это увеличивает продолжительность и неравномерность сушки [1, 3].

Сушку вороха семян большинства многолетних трав целесообразно проводить на сушилках различного типа: напольных, барабанных, карусельных и конвейерных. Напольные сушилки требуют больших затрат труда, возникают трудности по механизации технологических процессов. Барабанные сушилки не требовательны к чистоте поступающего вороха, но промышленностью не выпускаются. Наиболее перспективно использовать карусельные и конвейерные сушилки [2].

**Цель исследования** – получить экспериментальные данные и выявить зависимости параметров процесса сушки семян многолетних трав в условиях семеноводческих предприятий Северо-Западного региона РФ.

**Материалы, методы и объекты исследований.** В условиях Ленинградской области поступающий семенной ворох в большинстве случаев влажный. Исходя из этого необходимо организовать качественный прием вороха и его сушку. Предварительная очистка вороха высокой влажности считается нецелесообразной [1, 3]. Поэтому предлагается использовать разработанную сушилку для малосыпучих материалов СКМ-0,5 и построенную в ООО «Новоладожский» [4].

Технологический процесс сушки протекает следующим образом. Семенной ворох (в дальнейшем материал) из самосвального прицепа или кузова автомобиля выгружается на первый транспортер загрузочного устройства и подается в сушильную камеру (рис. 1).

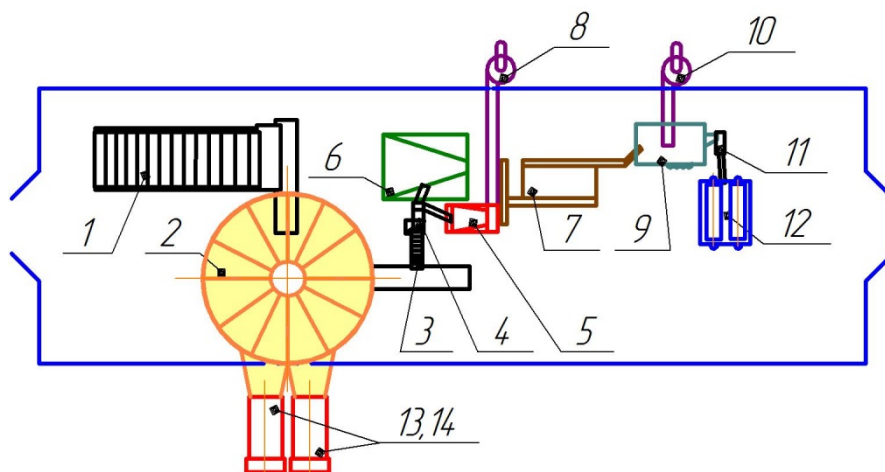


Рис. 1. План комплекса послеуборочной обработки семян многолетних трав в ООО «Новоладожский»: 1 – приемный загрузчик; 2 - сушилка карусельная; 3 - скребковый транспортер; 4, 11 - нория зерновая; 5 - клеверотерка Петкус; 6 - промежуточный бункер; 7 – очиститель вороха; 8, 10 – осадочная камера; 9 - семеочистительная машина Петкус; 12 - триерный блок Петкус; 13, 14 – топка с вентилятором

В карусельной сушилке влажные семена трав просушиваются теплым воздухом, нагретым топочным блоком. Теплоноситель, нагнетаемый вентилятором через смеситель блока и через диффузор, подается под платформу сушильной камеры, проходит через отверстия в листах платформы и, пронизывая слой семян, отбирает из него влагу.

Семена, достигшие в нижнем слое необходимой влажности (например 14%), выгружаются фрезой разгрузочного устройства и ленточным транспортером подаются на

последующую обработку машинами. Затем материал поступает в приемный бункер, где временно хранится до дальнейшей обработки.

Исследования выполняли на базе семеноводческих предприятий ООО «Новоладожский» и АО «Волховское» Волховского района с применением известных и разработанных методик (постановки опытов и испытаний зерносушилок, государственные и отраслевые стандарты).

Параметрами процесса сушки семян трав, контролируемые при исследованиях, являются следующие: температура теплоносителя в воздуховоде (диффузоре) сушилки, температура семян трав до сушки, температура семян трав в слое при сушке, температура семян трав после сушки, относительная влажность семян до сушки, относительная влажность семян после сушки, высота слоя семян.

Методы отбора проб семян и определения их влажности представлены в ГОСТ 13586.3-83 и ГОСТ 13586.5-93. Выемка материала до сушки для определения его влажности осуществляется из падающей струи загрузочного устройства сушильной установки. Выемка семян после сушки производится из падающей струи выгрузного устройства сушильной установки. Выемка производится пластмассовой емкостью с крышкой объемом не менее 0,5 литра. Определение влажности производится влагомером Wile-35. Выемка семян из просушиваемого слоя для определения влажности проводится пробоотборником на глубину до 0,5 м.

Температура теплоносителя регулируется переключением регулятора подачи топлива горелки теплогенератора. Изменение температуры теплоносителя на входе измеряется спиртовым термометром ТТ, вставленным в воздуховод. В слое семян и на выходе из слоя семян температура теплоносителя измеряется термоанемометром ТКА-ПКМ (модель 43) с закрытым сеткой измерительным прибором. Влажность теплоносителя на входе (в воздуховоде), в слое семян и на выходе из слоя измеряется при помощи термоанемометра ТКА-ПКМ (модель 43).

Производительность сушилки определяется по весу отсечек высушенного вороха семян за определенный промежуток времени. Число отсечек за опыт должно быть не менее пяти. В течение отсечки семена отводятся в специальную тару, взвешиваются на весах АВ-875. Время отсечки замеряется секундомером СОСпр-26-2-000. Пересчетом определяется производительность по сухим семенам в килограммах за один час  $Q_c$  по формуле:

$$Q_c = 60 \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (1)$$

где  $M_i$  – масса  $i$ -той отсечки, кг;

$T_i$  – время отбора  $i$ -той отсечки, с;

Приборы, использовавшиеся при проведении исследований процесса сушки в сушилке карусельного типа, применяемые при исследовании, приведены ниже:

- влагомер ручной Wile-35;
- линейка стальная 600 мм;
- весы ВЛКТ-500;
- термометр спиртовой (0–100<sup>0</sup>С) ТТ;
- термометр спиртовой (0 – 50<sup>0</sup>С) ТТ;
- секундомер механический СОСпр-26-2-000;
- термоанемометр ТКА-ПКМ (модель 43);
- весы ручные АВ-875;
- емкость для отбора проб.

Для получения зависимости продолжительности сушки от средней температуры теплоносителя исследования проводились на семенах овсяницы луговой слоем толщиной до 0,45 м. Слой был условно разделен на три зоны, каждая из которых имела толщину 0,15 м:

зона *A* – толщина слоя от 0 до 0,15 м; зона *B* – толщина слоя от 0,15 до 0,3 м; зона *C* – толщина слоя от 0,3 до 0,45 м.

На экспериментальной сушильной установке проведены опыты, устанавливающие влияние трех основных факторов: температура теплоносителя в воздуховоде; расход теплоносителя; толщина слоя семян. Рациональные значения факторов определили путем проведения предварительных исследований и анализа литературы [3, 5, 6].

**Результаты исследования.** Экспериментальные исследования процесса сушки показали, что температура теплоносителя по мере прохождения его через слой семян снижается. Следовательно, при этом снижается температура высушиваемых семян (табл.). При проведении опытов в каждую из трех зон закладывались термометры, при помощи которых определялось изменение температуры теплоносителя в слое в данной зоне.

Таблица. Изменение влажности и температуры при сушке семян овсяницы луговой по высоте слоя\*)

Перечень слоев сушки	Влажность семян по слоям, %	Температура семян по слоям, °С
Верхний слой 45 см	23,4	20,5
Зона <i>C</i>	22,8	24,0
Зона <i>B</i>	21,1	36,0
Зона <i>A</i>	15,8	44,5
Нижний слой 1 см	14,2	49,0

\*) параметры опыта: начальная влажность семян 22,1%, температура теплоносителя 55°С, время сушки 120 мин.

Исходя из этого следует, что каждый отдельный слой сохнет с различной скоростью. Температура семян в зоне *A* при установившейся температуре теплоносителя через 30 минут после начала сушки ниже ее на 12°С. Температура в зоне *B* составляла 28°С. Температура семян в зоне *C* через 60 минут сушки более чем в 2 раза ниже температуры теплоносителя и составляла 22°С.

Скорость испарения влаги из семян каждой зоны различная, причем чем выше расположена зона по направлению движения теплоносителя, тем медленнее сохнут семена (рис. 2).

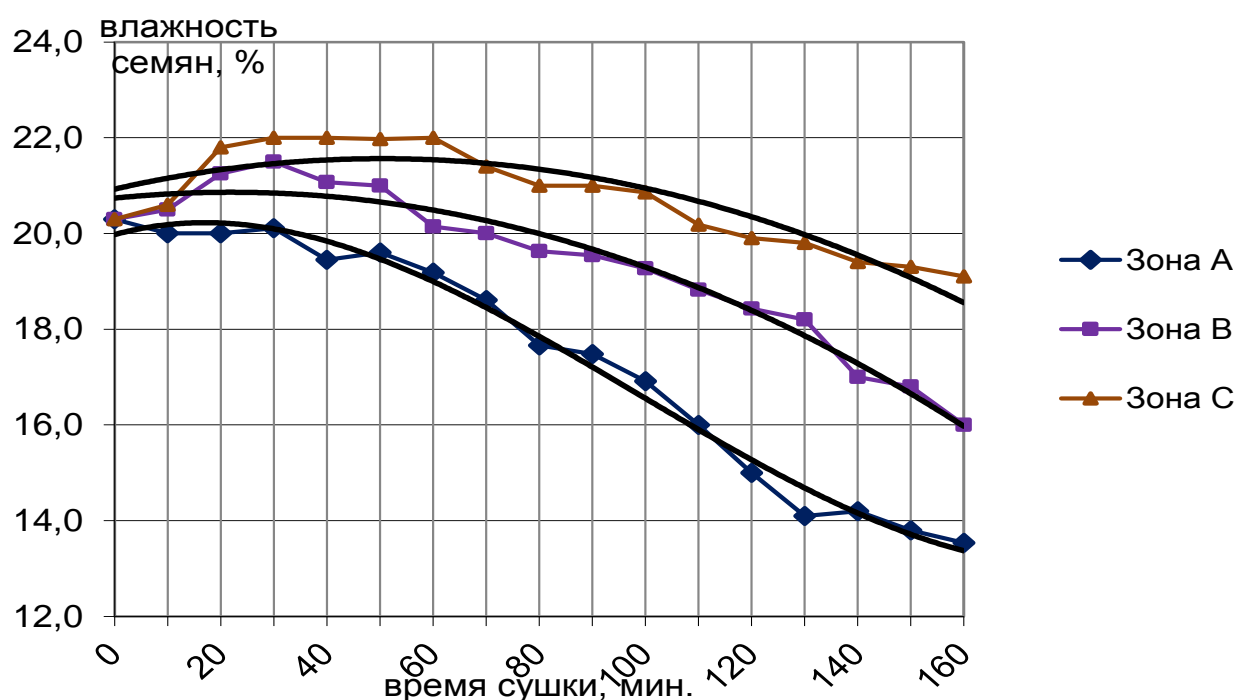


Рис. 2. Изменение влажности семян овсяницы луговой по зонам (*A*, *B*, *C*) в течение опыта при начальной влажности 20,5%

Зависимость влажности семян  $W$ , (%) от времени сушки  $t$ , (мин) в слое 15 см (зона  $A$ ) представлена следующим выражением:

$$W = 3,54 \cdot 10^{-6} t^3 - 1,03 \cdot 10^{-3} t^2 + 0,033 \cdot t + 19,9, R^2=0,99 \quad (2)$$

График сушки нижнего слоя семян в карусельной сушилке показывает, что через 2,5 часа необходимо включать выгрузной транспортер и выгружать нижний слой (зона  $A$ ) высушенных семян, при этом верхние слои семян окажутся внизу, а сверху необходимо догружать сушилку невысушенными семенами.

Процесс сушки верхних слоев семян можно разделить на два периода. В начальный период верхний слой семян переувлажняется, в последующем периоде влажность снова понижается. При слое больше оптимального, верхняя часть этого слоя не сохнет, а увлажняется. Это происходит в том случае, если температура семян ниже температуры адиабатического насыщения воздуха, соответствующей завершению процесса сушки семян [3, 6].

Региональными особенностями процесса сушки семян многолетних трав является относительно невысокая (до 55 °С) температура теплоносителя в связи с высокой влажностью вороха семян. При более высокой температуре сушки происходит образование трещин на поверхности семян, что в свою очередь влияет на сохранность и всхожесть семян высоких репродукций на этапах селекции и семеноводства [6, 7].

**Выводы.** В условиях Северо-Западного региона и Ленинградской области в частности поступающий семенной ворох в большинстве случаев влажный. Исходя из этого, необходимо организовать качественный прием вороха и его сушку.

При сушке семян трав в слое необходимо, чтобы толщина его была оптимальной, соответствующей параметрам теплоносителя и влажности семян.

Предельно допустимым слоем семян необходимо считать такой слой, при выходе из которого теплоноситель полностью насытится влагой. При сушке в более тонком слое, наряду с сокращением продолжительности сушки, снижается степень использования теплоносителя.

### Литература

1. Перекопский А.Н., Могильницкий В.М. Послеуборочная обработка семян многолетних трав в Северо-Западном регионе России // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – №3. – С.8-9.
2. Forage Seed Processing Line // Режим доступа [http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS\\_Belarus-Mogilev\\_Forage+seed+processing+line\\_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e](http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS_Belarus-Mogilev_Forage+seed+processing+line_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e) (дата обращения: 13.02.2019).
3. Перекопский А.Н., Чугунов С.В. Обоснование режимов сушки семян трав на карусельной сушилке // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4 (97). – С. 131-138.
4. Патент РФ 2456518 Карусельная сушилка / Перекопский А.Н., Кузовников М.М., Чугунов С.В., Боярчук Ю.И.; заявка №2010151245/06; опубликована 20.07.2012г.
5. Stanisavljević R., Djokić D., Milenković J., Terzić D., Stevović V., Tomić D., Dodig D. Drying of forage grass seed harvested at different maturity and its utility value in autumn and spring sowing time // Zemdirbyste-Agriculture, vol. 101, No. 2 (2014), p. 169-17.
6. Эрк А.Ф., Перекопский А.Н., Чугунов С.В. Теплофизические характеристики семян трав // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 89-94.
7. Stanisavljević R., Milenković J., Djokić D., Terzić D., Petrović D., Djukanović L., Dodig D. Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination // Plant Soil and Environment, February 2018, 59 (1), p. 37-43.



**Literatura**

1. **Perekopskij A.N., Mogil'nickij V.M.** Posleuborochnaya obrabotka semyan mnogoletnih trav v Severo-Zapadnom regione Rossii // *Tekhnika v sel'skom hozyajstve*. – 2014. – № 3. – S. 8-9.
2. **Forage Seed Processing Line** // Rezhim dostupa [http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS\\_Belarus-Mogilev\\_Forage+seed+processing+line\\_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e](http://www.petkus.com/documents/10194/154989/PETKUS_Belarus-Mogilev_Forage+seed+processing+line_224.pdf/11b6992c-8f9c-4d82-a907-c41c060d8e1e) (data obrashcheniya: 13.02.2019).
3. **Perekopskij A.N., CHugunov S.V.** Obosnovanie rezhimov sushki semyan trav na karusel'noj sushilke // *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. – 2018. – № 4 (97). – S. 131-138.
4. **Patent RF 2456518** Karusel'naya sushilka / Perekopskij A.N., Kuzovnikov M.M., CHugunov S.V., Boyarchuk YU.I.; zayavka №2010151245/06; opublikovana 20.07.2012g.
5. **Stanisavljević R., Djokić D., Milenković J., Terzić D., Stevović V., Tomić D., Dodig D.** Drying of forage grass seed harvested at different maturity and its utility value in autumn and spring sowing time // *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 101, No. 2 (2014), p. 169-17.
6. **ЕНrk A.F., Perekopskij A.N., CHugunov S.V.** Teplofizicheskie karakteristiki semyan trav // *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. – 2017. – № 92. – S. 89-94.
7. **Stanisavljević R., Milenković J., Djokić D., Terzić D., Petrović D., Djukanović L., Dodig D.** Drying of meadow fescue seeds of different moisture contents: changes in dormancy and germination // *Plant Soil and Environment*, February 2018, 59 (1), p. 37-43.

УДК 631.3

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11128

Канд. техн. наук **В.И. ШАМОНИН**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, shamonin-75@mail.ru)  
 Канд. техн. наук **А.В. СЕРГЕЕВ**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, sergoti@yandex.ru)

### **ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ РЫХЛЕНИЯ И АГРОСРОКОВ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ГРЕБНЕ**

Высокий урожай овощных культур открытого грунта (столовые морковь, свекла, капуста) и картофеля, и их качество, как правило, зависят от правильной и своевременной подготовки почвы, посева, ухода за культурами и уборки. Потери урожая и качества получаемой продукции в Северо-Западном регионе РФ (зоне повышенного увлажнения) из-за погодных условий является следствием невыполнения необходимых требований к технологическим операциям (нарушен агросрок, водно-воздушный режим почвы, неправильный выбор сельхозорудий при выполнении технологических операций и т.д.).

Для получения рациональной структуры почвы в настоящее время проводятся различные технологические приемы и способы междурядной обработки. В условиях Северо-Западного региона одним из способов улучшения водно-воздушного режима почвы является использование гребневой технологии посадки сельхозкультур. Эффективным приемом для создания в гребне оптимального водно-воздушный режим почвы является, например, глубокое рыхление [1,2].

Проведенные ранее исследования влияния агросроков и глубины междурядной обработки сельхозкультур открытого грунта на показатели водно-воздушного режима изучены недостаточно. Так, стандартные рекомендуемые сроки проведения между междурядными обработками традиционным способом составляют 14 дней, количество проходов – до 3 раз в период роста растений, глубина обработки – до 10 см. Современные методы оценки состояния поля в динамике роста растений позволяют с помощью специальных приборов определять показатели водно-воздушного режима почвы – это пористость, влажность, плотность и позволяют наиболее точно оценить необходимость

междурядной обработки по оптимальным агросрокам, количеству проходов и глубине рыхления.

Своевременное проведение глубокого рыхления при междурядной обработке сельхозкультур открытого грунта способствует по всей глубине обработки более глубокому увлажнению почвы после дождей (происходит накопление запасов влаги в почве) и, наоборот, при засушливой погоде подать воду из нижних слоев на поверхность (так называемый «сухой полив»), обеспечив тем самым оптимальный водно-воздушный режим почвы, т.е. рациональное соотношение между водой и воздухом. Оптимальной же пористостью для культурного пахотного слоя считается 55-65% объема почвы, удовлетворительной – 50-55% и неудовлетворительной – менее 50%, плотность почвы для овощных культур и картофеля в пределах 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>, влажность – от 10 до 26% в зависимости от типа почвы и условий проведения технологических операций [3,4].

Таким образом, проводя соответствующие технологические операции в необходимые агросроки и на требуемую глубину рыхления, мы можем добиться оптимального водно-воздушного режима для растений в течение их активного роста и более эффективного использования осадков в весенне-летний период.

**Цель исследований** – повышение эффективности междурядной обработки почвы при гребневых посадках овощных культур и картофеля для хозяйственных условий в процессе роста растений путем создания оптимального водно-воздушного режима почвы в гребне.

Задачи исследования:

- дать оценку состояния водно-воздушного режима почвы для хозяйственных условий и технологических операций для получения оптимальных показателей;
- определить оптимальные агросроки проведения междурядной обработки растений в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы в гребне;
- определить оптимальную глубину рыхления в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы в гребне.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Экспериментальные исследования направлены на изучение влияния глубины обработки дна борозды и последующего окучивания посадок картофеля на основные показатели почвы (влажность, пористость и плотность). При исследовании использовались два варианта формирования гребней: традиционным способом - культиватором КНО-2,8 (рис.1) и предлагаемым (экспериментальным) – культиватором-окучником-глубокорыхлителем КОР-2,8 (рис.2) конструкции ИАЭП – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ [1,5]. Исследования проводили на опытном поле ЛПООС института в период активного роста растений картофеля в 2016-2017 гг. До проведения эксперимента были взяты пробы почвы (после вспашки и дискования поля) основных параметров, определен тип почвы, проведены замеры массовых долей по фракциям (табл.1) [6]. Междурядные обработки с окучиванием посадок картофеля проводились экспериментальным культиватором-глубокорыхлителем КОР-2,8 (предлагаемая технология) и глубиной рыхления дна борозды в пределах 5,0-30,0 см и культиватором КНО-2,8 (традиционная технология) на глубину до 10 см. Технологические операции проводились через 7 дней после посадки, повторная междурядная обработка проводилась через 14 дней, 28 дней и 42 дня после посадки, учитывая необходимые агросроки [6]. Для проведения исследований была проведена нарезка гребней культиваторами КНО-2,8 и КОР-2,8 в агрегате с трактором МТЗ-82 (рис. 1 и 2) и последующая посадка картофеля сорта «Удача». После нарезки гребней определялись следующие показатели: влажность, плотность почвы в гребнях по слоям 0-10 см, 10-20 см и 20-30 см и пористость. Через 7, 14, 28 и 42 календарных дней после посадки картофеля проводилась междурядная обработка, показатели определялись снова, сравнивались и анализировались.

Таблица 1. Параметры состояния почвы до проведения экспериментальных исследований

Слой почвы (средний суглинок), см	Твердость почвы (средняя), МПа	Влажность (средняя), %	Плотность (средняя), г/см <sup>3</sup>	Массовая доля почвы по фракциям (средняя), %			
				фракция, мм			
				до 10	свыше 10 до 25	свыше 25 до 50	свыше 50 до 100
0-10	0,47	19,88	0,906	59,9	25,9	7,8	6,1
10-20	1,48	25,46	0,971	58,4	23,8	6,2	12,0
20-30	2,38	27,39	1,025	61,9	21,9	7,8	7,9



Рис. 1. Нарезка гребней и междурядная обработка культиватором КНО-2,8 (традиционная технология)



Рис. 2. Нарезка гребней и междурядная обработка с глубоким рыхлением экспериментальным культиватором окучником-глубокорыхлителем КОР-2,8 (конструкция ИАЭП – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, предлагаемая технология)

**Результаты исследования.** Результаты экспериментальных исследований влияния агротехнического срока при проведении соответствующей технологической операции на основные показатели водно-воздушного режима почвы в гребне представлены в табл. 2 и 3.

Сравнивая показатели влажности и плотности по слоям почвы (табл. 2 и 3), можно сделать следующий вывод: в результате проведенных исследований показатели средней влажности после нарезки гребней различными типами культиваторов уменьшаются по всем слоям почвы при оптимальных погодных условиях (через 7, 14, 28, 42 дн.). После нарезки гребней экспериментальным культиватором КОР-2,8 средняя влажность уменьшилась в среднем по слоям почвы на 8% по сравнению с культиватором КНО-2,8 (при оптимальной влажности для среднего суглинка 12-24%), изменение же показателей средней плотности почвы во всех опытных данных незначительное, в пределах 3% (при средней плотности 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>). Средняя плотность почвы, близкая к оптимальной, зависит от влагообеспечения:

чем выше средняя влажность почвы, тем меньше оптимальная средняя плотность. Опытные данные показывают, что, например, для посадки овощных культур (моркови столовой, свеклы столовой) требуется уплотнение гребня, т.е. прикатывание и формирование поверхности гребня соответствующим техническим средством.

Таблица 2. Результаты опытных данных по определению влажности и плотности почвы с учетом проведенного агросрока и технологической операции

Технологическая операция	Сельхоз-машина	Агро-срок	Среднее значение					
			Влажность, %			Плотность, г/см <sup>3</sup>		
			Слой почвы					
			0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Нарезка гребней культиватором	КНО-2,8	Перед посадкой	18,46	24,05	27,5	0,894	1,024	1,018
Нарезка гребней культиватором	КОР-2,8	Перед посадкой	17,9	23,2	25,28	0,865	1,008	1,127
Междурядная обработка, рыхление на 5-10 см	КНО-2,8	Через 7 дн. после посадки	17,23	23,64	27,45	0,911	1,017	1,01
Междурядная обработка, рыхление на 10-20 см	КОР-2,8	Через 7 дн. после посадки	16,45	22,85	25,39	0,876	1,007	1,01
Междурядная обработка, рыхление на 5-10 см	КНО-2,8	Через 14 дн. после посадки	15,61	22,84	26,6	0,946	1,030	1,012
Междурядная обработка, рыхление на 10-20 см	КОР-2,8	Через 14 дн. после посадки	14,21	22,2	25,9	0,907	1,02	1,098
Междурядная обработка, рыхление на 5-10 см, засушливый период	КНО-2,8	Через 28 дн. после посадки	19,2	26,9	28,5	0,93	1,09	1,08
Междурядная обработка, рыхление на 10-20 см, засушливый период	КОР-2,8	Через 28 дн. после посадки	17,1	23,1	26,9	0,95	1,08	1,15
Междурядная обработка, рыхление отсутствует	КНО-2,8	Через 42 дн. после посадки	Переувлажнение			2,1-2,4		
Междурядная обработка, рыхление на 20-30 см	КОР-2,8	Через 42 дн. после посадки	Переувлажнение			1,4-1,6		

При проведении исследований установлено, что показатели пористости почвы поля после вспашки и дискования и после нарезки гребней культиватором КНО-2,8, являются неудовлетворительными и требуют дополнительных операций (сплошная культивация, глубокое рыхление), при этом показатели пористости почвы после экспериментального культиватора окучника-глубокорыхлителя КОР-2,8 оптимальные. Повторный замер этих же показателей через 7 дней выявил снижение пористости почвы в гребне в обоих опытах. При этом пористость в гребнях, нарезанных культиватором КОР-2,8, находилась в удовлетворительном состоянии, а гребни, нарезанные культиватором КНО-2,8 требовали междурядной обработки с применением глубокого рыхления на глубину 10-20 см. Опыты, проведенные через 14 дней после нарезки гребней, показали снова снижение пористости в обоих случаях, состояние показателей неудовлетворительное, что говорит о необходимости междурядной обработки до проведения требуемого агросрока, ориентировочно через 10 дней. Таким образом, анализ табл. 2 и 3 показал динамику изменения основных показателей водно-воздушного режима почвы от агросроков проведения междурядных обработок при различных технологиях рыхления почвы. Проводимые замеры в динамике роста растений

позволяют более точно спланировать агросрок проведения междурядных обработок посадок овощных культур и картофеля. Предлагаемая технология с глубоким рыхлением позволяет поддерживать водно-воздушный режим почвы в гребне в оптимальном состоянии в течение всего периода агросрока при проведении междурядных обработок.

Таблица 3. Результаты опытных данных по определению пористости почвы и их оценка

Технологическая операция	Сельхоз машина	Агросрок	Пористость (средняя арифметическая)	Коэффициент вариации пористости, %	Оценка состояния	Рекомендуемая технологическая операция
Весенняя вспашка и дискование	ПЛН-3-35 БД-3	Перед Нарезкой гребней	46,0	4,35	Неудовл.	Культивация
Нарезка гребней культиватором	КНО-2,8	Перед Посадкой	47,3	8,80	Неудовл.	Нарезка гребней с глубоким рыхлением
Нарезка гребней культиватором	КНО-2,8	Перед Посадкой	55,67	5,83	Оптим	-
Междурядная обработка (рыхление на 5-10 см)	КНО-2,8	Через 7 дн. После посадки	45,7	6,7	Неудовл.	Глубокое рыхление на 10-20
Междурядная обработка (рыхление на 10-20 см)	КОР-2,8	Через 7 дн. После посадки	50,1	4,5	Удовл.	-
Междурядная обработка (рыхление на 5-10 см)	КНО-2,8	Через 14 дн. после посадки	43,0	2,33	Неудовл.	Глубокое рыхление на 20-30 см
Междурядная обработка (рыхление на 10-20 см)	КОР-2,8	Через 14 дн. после посадки	47,3	8,80	Неудовл.	Глубокое рыхление на 20-30 см
Междурядная обработка (рыхление на 5-10 см)	КНО-2,8	Через 28 дн. после посадки (засушливый Период)	42,0	5,5	Неудовл.	Глубокое рыхление через 21 день на 20-30 см
Междурядная обработка (рыхление на 10-20 см)	КОР-2,8	Через 28 дн. после посадки (засушливый Период)	46,5	5,9	Неудовл.	Глубокое рыхление через 21 день на 20-30 см
Междурядная обработка	КНО-2,8	Через 42 дн. после посадки	переувлажнение		Неудовл.	Глубокое рыхление на 20-30 см
Междурядная обработка	КОР-2,8	Через 42 дн. после посадки	переувлажнение		Неудовл.	Глубокое рыхление на 20-30 см

Основные результаты обработки экспериментальных данных по определению динамики изменения водно-воздушного режима почвы от глубины рыхления в гребне культиватором глубокорыхлителем КОР-2,8 представлены в табл.4.

Данные табл. 4 показывают, что для достижения оптимальных показателей водно-воздушного режима почвы в гребне необходимо рыхление дна борозды и окучивания на глубину 10-15 см, при этом рыхление на большую глубину (до 30 см) позволяет поддерживать режим в удовлетворительном состоянии по сравнению с традиционной технологией. Предлагаемая конструкция культиватора с рабочим органом на упругой стойке позволила добиться, например,

средней пористости в гребне 55,2%, так как окучивающий рабочий орган культиватора КНО-2,8 обеспечивает пористость до 47% при прочих равных условиях (оптимальные погодные условия, агросрок проведения операции, тип почвы и т.д.) Такое изменение структуры почвы для зон повышенного увлажнения позволяет повысить пористость почвы в гребне до 10% и добиваться оптимальных показателей влажности и плотности.

Таблица 4. Результаты обработки экспериментальных данных по определению динамики изменения водно-воздушного режима почвы от глубины рыхления в гребне культиватором-глубокорыхлителем КОР-2,8

№ опыта	Технологическая операция	Глубина обработки, см	Влажность (средняя), %	Плотность (средняя), г/см <sup>3</sup>	Пористость почвы (средняя), %	Оценка состояния
1	Перед междурядной обработкой в гребне	-	12,9	0,76	44,0	Неудов.
2	Рыхление дна борозды и окучивания	5	13,2	0,8	46,0	Неудов.
3	Рыхление дна борозды и окучивания	10	18,2	1,0	55,6	Оптим.
4	Рыхление дна борозды и окучивания	15	21,2	1,1	56,8	Оптим.
5	Рыхление дна борозды и окучивания	20	24,1	1,15	53,0	Удов.
6	Рыхление дна борозды и окучивания	25	26,0	1,2	51,2	Удов.
7	Рыхление дна борозды и окучивания	30	27,9	1,3	50,3	Удов.

- показатели определялись после обработки, за исключением первого опыта

**Выводы.** Проведенные исследования позволяют определить оптимальные агросроки (10-12 дней между обработками) проведения междурядных обработок овощных культур открытого грунта и картофеля в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы и количество этих обработок в зависимости от погодных условий (в среднем 3-4 раза, а при переувлажнении почвы или в засушливый период – до 5-6 раз за сезон). Исследования позволяют оценить состояние водно-воздушного режима почвы в процессе роста растений и определить на основании полученных показателей необходимость проведения требуемой технологической операции, а также определить оптимальную глубину рыхления междурядий (10-15 см) в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы. Использование при нарезке гребней и междурядной обработке культиватора КОР-2,8 (предлагаемая технология) обеспечивает обработку почвы на всю глубину пахотного слоя и позволяет добиться существенного улучшения водно-воздушного режима почвы в гребне по сравнению с культиватором КНО-2,8 (традиционная технология).

#### Литература

1. Шамонин В.И., Сергеев А.В. Влияние междурядной обработки посадок картофеля на агрегатный состав и пористость почвы в гребне // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – №4(53). – С.277-281.
2. Устроев А.А., Калинин А.Б., Логинов Г.А., Кудрявцев П.П. Оценка эффективности операции глубокого рыхления междурядий при возделывании картофеля в органическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – №93. – С.43-47.

3. **Медведев В.В.** Структура почвы (методы, генезис, квалификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Харьков: Изд-во «13 типография», 2008. – 406 с.
4. **Фомин И.М., Логинов Г.А. и др.** Оптимизация технико-технологических решений в картофелеводстве. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2009. – 192 с.
5. **Шамонин В.И., Сергеев А.В.** Влияние рыхления междурядий при формировании гребней на водно-воздушный режим почвы // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – Вып. 90. – С.54-59.
6. **Литвинов С.С.** Методика полевого опыта в овощеводстве/РАСН, ГНУ ВНИИО. – М., 2011. – 649 с.

### Literatura

1. **Shamonin V.I., Sergeyev A.V.** Vliyaniye mezhduryadnoy obrabotki posadok kartofelya na agregatnyy sostav i poristost pochvy v grebne // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – №4(53). – S.277-281.
2. **Ustroyev A.A., Kalinin A.B., Loginov G.A., Kudryavtsev P.P.** Otsenka effektivnosti operatsii glubokogo rykhleniya mezhduryadiy pri vozdeleyvanii kartofelya v organicheskom zemledelii // Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produk-tsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva. – 2017. – №93. – S.43-47.
3. **Medvedev V.V.** Struktura pochvy (metody. genezis. kvalifikatsiya. evolyutsiya. geografiya. monitoring, okhrana). – Kharkov: Izd-vo «13 tipografiya», 2008. – 406 s.
4. **Fomin I.M., Loginov G.A. i dr.** Optimizatsiya tekhniko-tekhnologicheskikh resheniy v kartofelevodstve. – SPb.: GNU SZNIIMESKh. 2009. – 192 s.
5. **Shamonin V.I., Sergeyev A.V.** Vliyaniye rykhleniya mezhduryadiy pri formirovaniy grebney na vodno-vozdushnyy rezhim pochvy // Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva. – 2016. – Вып. 90. – S.54-59.
6. **Litvinov S.S.** Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve/RASN. GNU VNIIO. – М., 2011. – 649 s.

УДК 631.22

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11134

Доктор техн. наук **В.Ф. ВТОРЫЙ**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vvtoryj@yandex.ru)  
 Канд. техн. наук **С.В. ВТОРЫЙ**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2vt\_1981@list.ru)  
 Аспирант **Р.М. ИЛЬИН**  
 (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Ilinrom@yandex.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА КОРОВНИКА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Для крупного рогатого скота, и в частности для дойных коров, важным является период перехода от зимнего содержания к летнему. В это время среднесуточная температура наружного воздуха из минусового диапазона переходит в плюсовой, что способствует созданию более благоприятных микроклиматических условий для животных. Проводится активное вентилирование помещений за счет открытия ворот, более полного использования вентиляционных устройств, демонтажа дополнительного утепления устанавливаемого на холодный период и другие мероприятия. Появляется возможность обеспечить нормативные показатели микроклимата в коровнике.

Так, методическими рекомендациями по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота [1] предусмотрено, что температура воздуха в коровнике должна составлять +10°C, при относительной влажности воздуха 40-75%.

Допускается снижение температуры воздуха в холодный период на 2-5°C, в теплый период допускается повышение температуры воздуха в коровнике не более чем на 5°C.

Исследованиями ряда ученых установлено, что граница термонейтралы для КРС находится в диапазоне температур от +4°C до +20°C, т.е. в этом диапазоне не наблюдается падения их продуктивности. В то же время для высокопродуктивных коров зона термонейтральности находится от +9°C до +16°C. При несоблюдении параметров микроклимата падение продуктивности, как при пониженной, так и при повышенной температуре и влажности, может составлять от 5 до 33% [2, 3].

В холодный период года эти параметры очень часто не соответствуют нормативам из-за ограниченного воздухообмена. Они в некоторых частях помещения могут быть выше нормы или, наоборот, близки к 0°C, что может привести к замерзанию систем поения водой и уборки навоза. Переход от зимнего содержания к летнему должен проходить так, чтобы создать благоприятные условия для животных и работы обслуживающего персонала.

**Цель исследования** – установить закономерности формирования температурно-влажностного режима в коровнике в переходный период зима-лето, в зависимости от внешних погодных условий, с целью разработки системы эффективного управления параметрами микроклимата в помещениях для содержания животных.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Исследования проведены в марте-апреле 2018 в Ленинградской области в типовом коровнике на 200 голов дойного стада с привязным содержанием. Обеспечение параметров воздушной среды происходит за счет естественной системы вентиляции через световой конек крыши, а также присутствует инфильтрация воздуха через неплотности строительных конструкций. Коровник является частью животноводческого комплекса, состоящего из нескольких зданий, соединенных между собой галереями [4, 5].

Результатом исследований являются экспериментальные данные о температуре, относительной влажности воздуха помещения для содержания дойных коров в совокупности с внешними погодными условиями, которые фиксировались электронной системой мониторинга по определенной схеме в 9 точках коровника с временным интервалом 10 минут. Система мониторинга параметров микроклимата состоит из электронных датчиков с пределами измерения температуры от -40 до +100°C и относительной влажности 0-98%, архиватора данных с картой памяти на 32 Гб, что обеспечивает архивацию информации за большой промежуток времени с дальнейшей обработкой информации на компьютере в программах Excel, Mathcad [6].

**Результаты исследования.** На формирование микроклимата в животноводческом помещении влияет ряд внешних и внутренних факторов. Основными источниками тепла, влаги, вредных газов являются животные и продукты их жизнедеятельности. Многое зависит от применяемой технологии содержания и обслуживания животных. Значительное влияние оказывают природно-климатические условия конкретного региона, где расположена ферма. В процессе исследований, проведенных в условиях Ленинградской области, на типовой молочно-товарной ферме с привязным содержанием коров, было зафиксировано, что в конце марта – начале апреля происходит переход средних суточных температур атмосферного воздуха от отрицательных к положительным значениям.

На рис. 1 представлены данные мониторинга, где зафиксировано, что с 1 на 2 апреля 2018 года среднесуточные температуры наружного воздуха перешли от отрицательных значений к положительным. На этом же рисунке представлена среднесуточная температура воздуха внутри коровника и прослеживается прямая зависимость этих параметров. За период наблюдений средняя температура наружного воздуха составила + 5,0°C, температура воздуха внутри помещения составила +14,1°C. При этом средняя температура наружного воздуха при отрицательных значениях составила -2,4°C и +11,6°C воздуха внутри коровника. Средняя температура наружного воздуха при положительных значениях составила +6,2°C и +14,6°C в коровнике. Следовательно, при росте температуры наружного воздуха на 8,6°C температура воздуха внутри коровника выросла на 3,0°C.



Существенное влияние на состояние животных оказывает влажность воздуха. На рис. 2 представлены результаты замера относительной влажности наружного (ряд 2) и внутреннего воздуха (ряд 1). Здесь также существует прямое взаимовлияние этих параметров среды обитания животных и персонала.

За период перехода от отрицательных температур наружного воздуха к положительным средняя относительная влажность воздуха, как с наружи, так и внутри коровника, выросла на 4-5%.

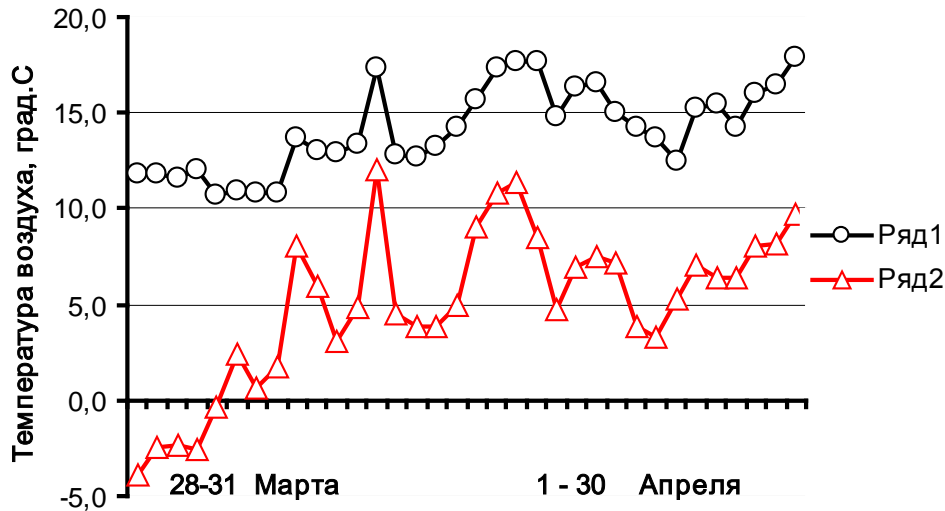


Рис. 1. Средняя суточная температура воздуха в коровнике (Ряд 1) и вне коровника (Ряд 2), °С

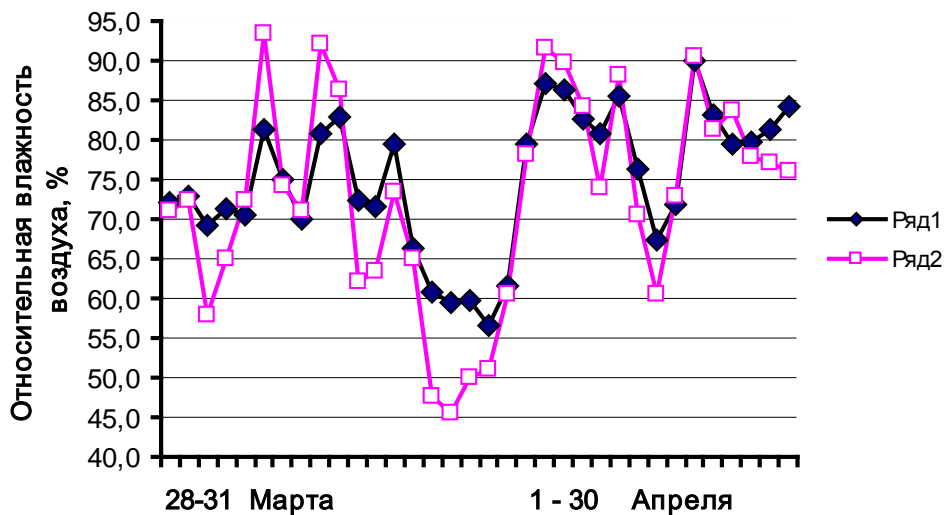


Рис. 2. Относительная влажность воздуха в коровнике (Ряд 1) и вне коровника (Ряд 2), %

На формирование параметров микроклимата в коровнике влияет скорость и направление ветра. Увеличение скорости ветра способствует лучшему воздухообмену коровника с внешней средой, а направление ветра определяет, какая часть коровника лучше вентилируется, как правило, это неветренная сторона. На рис. 3(а) представлена роза ветров, где в районе фермы преобладают ветра южных направлений при средней скорости 2-4 м/с.

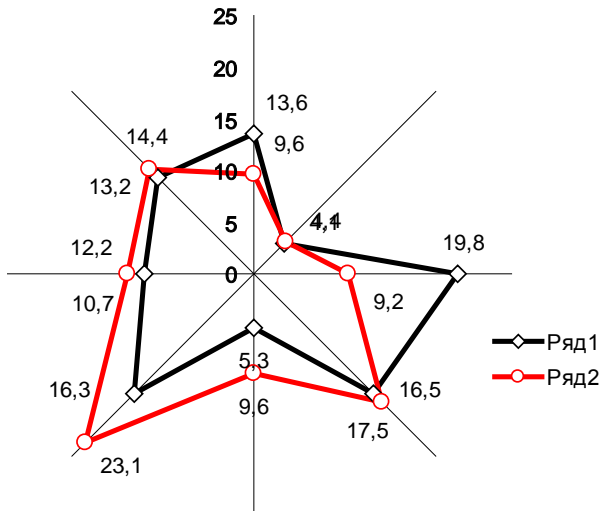


Рис. 3(а). Роза ветров в районе фермы:  
Ряд 1 – в марте 2018 года;  
Ряд 2 – в апреле 2018 года

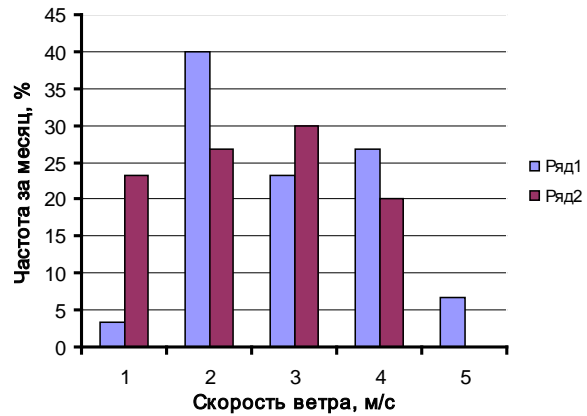


Рис. 3(б). Скорость и частота ветра в районе фермы

Для оценки взаимного влияния температуры и влажности воздуха на состояние молочных коров применяется индекс температуры и влажности (ТНІ) [7]. Нижний порог стрессового состояния ТНІ > 75, при ТНІ > 84 могут наступить тяжелые последствия, вплоть до гибели животных. В наших исследованиях индекс ТНІ = 56-65 при среднем значении, равном 59. Необходимо отметить, что при ТНІ > 65 может наблюдаться снижение продуктивности коров.

На рис. 4 представлена средняя продуктивность коров за апрель месяц 2018 года. Из графика видно, что в первый период произошло снижение продуктивности на 2 кг на корову, но в дальнейшем наступил рост удоев, что, видимо, связано, в том числе и с улучшением микроклимата в коровнике.

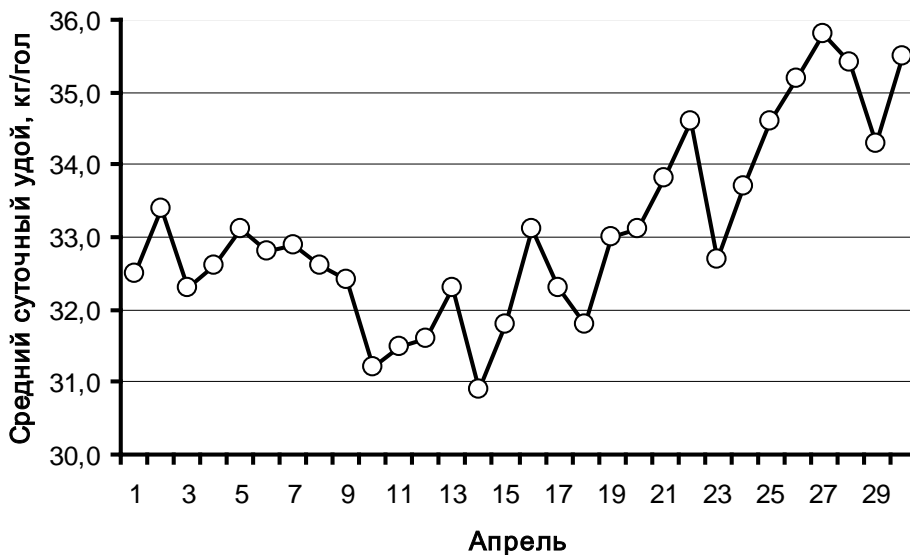


Рис. 4. Средний суточный удой на корову в исследуемом коровнике, кг/гол

В результате регрессионного анализа построены зависимости температуры и относительной влажности воздуха в коровнике от изменения температуры и относительной влажности воздуха вне коровника, т.е. от изменения погодных условий (рис. 5,6).

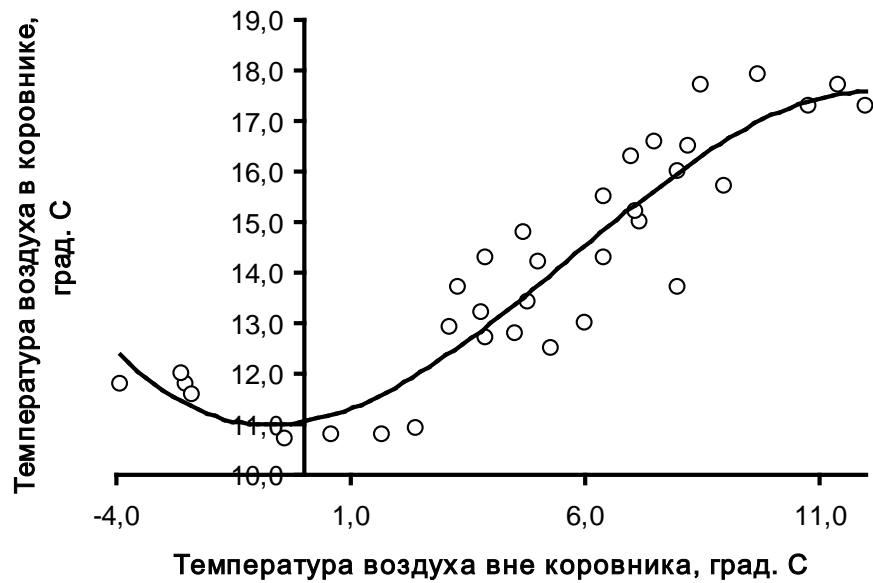


Рис. 5. Зависимость температуры воздуха в коровнике от изменения температуры воздуха вне коровника, °С

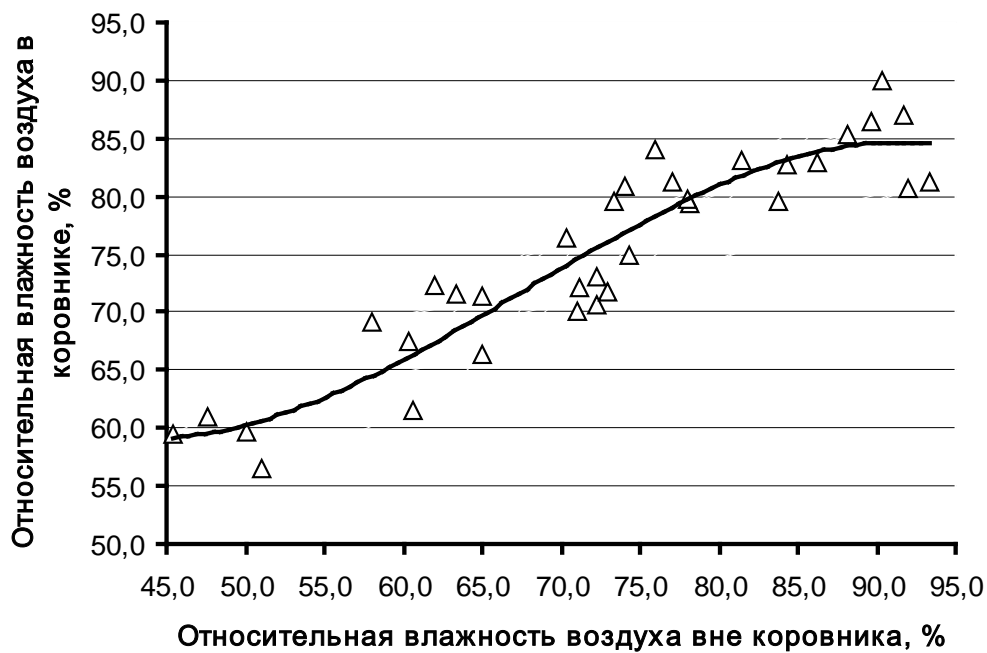


Рис. 6. Зависимость относительной влажности воздуха в коровнике от изменения относительной влажности воздуха вне коровника, %

Из графиков видно, что существует взаимосвязь между температурой и относительной влажностью внутри и вне коровника. С ростом температуры и относительной влажности воздуха вне коровника растет температура и относительная влажность внутри коровника, но зависимость эта не линейная и описывается уравнениями регрессии 1 и 2.

$$T_B = 11,0449 + 0,1658 * T_H + 0,1063 * T_H^2 - 0,0062 * T_H^3, R^2 = 0,846 \quad (1)$$

$T_B$  – температура воздуха в коровнике, °С;

$T_H$  – температура воздуха вне коровника, °С.

$$W_B = 166,59 - 5,8163 * W_H + 0,979 * W_H^2 - 0,0005 * W_H^3, R^2 = 0,866 \quad (2)$$

$W_B$  – относительная влажность воздуха в коровнике, %;

$W_H$  – относительная влажность воздуха вне коровника, %.

Уравнение регрессии (1) описывает зависимость температуры воздуха в коровнике  $T_B$  от изменения температуры вне коровника  $T_H$ . Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,846$ .

Уравнение регрессии (2) описывает зависимость относительной влажности воздуха в коровнике  $W_B$  от изменения относительной влажности воздуха вне коровника  $W_H$ . Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,866$ .

Высокие значения коэффициентов детерминации свидетельствуют о тесной взаимосвязи на 85-86% между переменными. В то же время существует ряд факторов, также оказывающих влияние на эти параметры. К ним относятся скорость и направление ветра, особенности технологии содержания и обслуживания животных, конструктивные особенности здания для содержания коров и ряд других факторов, многие из которых не имеют сегодня математического описания.

**Выводы.** Для крупного рогатого скота, и в частности для дойных коров, важным является период перехода от зимнего содержания к летнему. В это время среднесуточная температура наружного воздуха из минусового диапазона переходит в плюсовой, что способствует созданию более благоприятных условий для животных.

Исследования в типовом коровнике на 200 голов дойного стада с привязным содержанием показали, что с 1 на 2 апреля 2018 года среднесуточные температуры наружного воздуха перешли от отрицательных значений к положительным. За период наблюдений март-апрель средняя температура наружного воздуха составила + 5,0°C (от - 3,6°C до +11,6°C), средняя температура воздуха внутри помещения составила +14,1°C (от +10,7°C до +17,7°C). За этот период средняя относительная влажность воздуха, как с наружи, так и внутри коровника выросла на 4-5% при индексе ТНІ = 56-65 и росте молочной продуктивности животных, что свидетельствует о благоприятных микроклиматических условиях в коровнике.

### Литература

1. **Методические рекомендации** по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.01-18. – М., 2018. – 166 с.
2. **Ковальчикова М., Ковальчик К.** Адаптация и стресс при содержании сельскохозяйственных животных / Под ред. с предисл. Е.Н. Панова; Пер. со словац. Г.Н. Мирошниченко. – М.: Колос, 1978. – 271 с.
3. **Юрков В.М.** Микроклимат животноводческих ферм и комплексов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 223 с.
4. **Вторый В.Ф., Гордеев В.В., Второй С.В., Ланцова Е.О.** Влияние погодных условий на формирование температурно-влажностного режима в коровнике // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – №3(23). — С.68-72.
5. **Valerii Vtoryi, Sergei Vtoryi, Roman Ylyin.** Investigations of temperature and humidity conditions in barn in winter. 17<sup>th</sup> International Scientific Conference. Engineering for rural development. Proceedings, Volume 17 May 23-25, 2018, Jelgava, S. 265-269.
6. **Валге А.М.** Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства / ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – СПб, 2013. – 200 с.
7. **Scientific report of EFSA** prepared by the Animal Health and Animal Welfare Unit on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. Annex to the EFSA Journal (2009) 1143, pp. 1-284.

## Literatura

1. **Metodicheskie rekomendacii** po tekhnologicheskomu proektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo rogatogo skota. RD-APK 1.10.01.01-18. – М., 2018. – 166 s.
2. **Koval'chikova M., Koval'chik K.** Adaptaciya i stress pri sodержanii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / Pod red. s predisl. E.N. Panova; Per. so slovac. G.N. Miroshnichenko. – М.: Kolos, 1978. – 271 s.
3. **Yurkov V.M.** Mikroklimat zhivotnovodcheskih ferm i kompleksov. – М.: Rossel'hozizdat, 1985. – 223 s.
4. **Vtoryj V.F., Gordeev V.V., Vtoryj S.V., Lancova E.O.** Vliyanie pogodnyh uslovij na formirovanie temperaturno-vlazhnostnogo rezhima v korovnike // Vestnik VNIIMZH. – 2016. – №3(23).– S. 68-72.
5. **Valerii Vtoryi, Sergei Vtoryi, Roman Ylyin.** Investigations of temperature and humidity conditions in barn in winter. 17th International Scientific Conference. Engineering for rural development. Proceedings, Volume 17 May 23-25, 2018, Jelgava, S 265-269.
6. **Valge A.M.** Ispol'zovanie sistem Excel i Mathcad pri provedenii issledovanij po mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / GNU SZNIIMEHNSKH Rossel'hozakademii. – SPb, 2013. – 200 s.
7. **Scientific report of EFSA** prepared by the Animal Health and Animal Welfare Unit on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. Annex to the EFSA Journal (2009) 1143, pp. 1-284.

УДК 631.22

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11140

Канд. техн. наук **А.В. ТРИФАНОВ**

(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, trifanovav@mail.ru)

Доктор техн. наук, проф. **В.В. КАЛЮГА**

(ФГБОУ ВО СПбГАУ, kaljuga-v@mail.ru)

Соискатель **В.И. БАЗЫКИН**

(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, valentin-bazykin@mail.ru)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АНАЛИЗА РАБОТЫ САМОТЕЧНОЙ СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Удаление навоза из навозоприёмной ванны самотечной системы навозоудаления ванно-трубного типа происходит в три этапа: накопление, опорожнение и образование остаточного слоя.

Накопление навозной массы в приёмной ванне осуществляется в объёме, равном эффективному объёму самой ванны. Время наполнения ванны будет зависеть от количества животных, условно разбитых по половозрастным группам, и суммированное со среднесуточным поступлением в ванну воды. Время накопления навозной массы в ваннах не должно превышать 14 суток, так как при более длительном хранении происходят процессы сбраживания навоза, сопровождающиеся выделением аммиака и сероводорода. В период накопления навозная масса обладает потенциальной энергией  $E_{\text{п}}$ .

При опорожнении ванны происходит выпуск навозной массы под действием силы тяжести и гидростатического напора в коллектор, расположенный под навозоприёмным каналом. При этом потенциальная энергия  $E_{\text{п}}$  переходит в кинетическую  $E_{\text{к}}$ .

**Целью исследования** является получение информационной модели движения навозной массы, обоснование модели ее движения под действием внешней силы – силы тяжести по навозоприёмной ванне и вывод уравнения минимальной высоты остаточного слоя навоза при условии установившегося стационарного потока навозной массы в навозоприёмной ванне.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Сопротивление движению навозной массы по длине ванны происходит вследствие наличия силы вязкости  $F_{\tau}$ , которую согласно закону внутреннего трения Ньютона в общем виде определяют по формуле [1, 2]:

$$F_{\tau} = \pm \eta \times S \frac{du}{dy}, \quad (1)$$

где  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости, Па·с;

$S$  – площадь соприкосновения слоёв жидкости, м<sup>2</sup>;

$\frac{du}{dy}$  – градиент скорости (изменение скорости движения частиц жидкости в направлении, нормальном к вектору самой скорости).

Так как слои жидкости находятся бесконечно близко друг к другу, то единичную силу трения – касательное напряжение  $\tau$  – можно представить в виде дифференциального уравнения:

$$\tau = \eta \frac{du}{dy}. \quad (2)$$

Поскольку рассматривается изменение скорости движения частиц жидкости в направлении от ограничивающей поверхности, знак в выражении (2) будет положительным.

Навозная масса при движении по длине ванны по достижению определённого профиля свободной поверхности замедляет своё движение и в итоге перестаёт течь. Это объясняется наличием начального напряжения сдвига  $\tau_0$ , присущее неньютоновским жидкостям, к которым относят и жидкий навоз (Калюга В.В., Найдено В.К., Красехин И.Д. и др., 1971). Согласно уравнению Шведова – Бингама [3], касательное напряжение  $\tau$  зависит от динамической вязкости  $\eta$ , начального напряжения сдвига  $\tau_0$  и градиента скорости  $\frac{du}{dy}$ :

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{du}{dy} \quad (3)$$

Высота остаточного слоя  $h_0$  после опорожнения ванны будет зависеть от физических и реологических параметров жидкого навоза, а также от конструктивных параметров самой ванны:

- плотности  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>;
- вязкости  $\eta$ , Па·с;
- начального напряжения сдвига  $\tau_0$ , Па;
- гидравлического уклона ванны (коллектора)  $i$ ;
- длине  $l_B$  и ширине  $b_B$  ванны, м;
- шероховатости дна и стенок навозоприёмной ванны  $\Delta_{\Sigma}$ , мм.

Под шероховатостью  $\Delta_{\Sigma}$  – эквивалентная шероховатость, понимают высоту выступов неровностей одинакового размера (условное понятие), при которой коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  соответствует действительной шероховатости поверхности [2].

В общем виде эта зависимость примет вид:

$$h_0 = f(\rho, \eta, \tau_0, i, l_B, b_B, \Delta_{\Sigma}) \quad (4)$$

Известно, что жидкий свиной навоз до определённой степени влажности представляет собой однофазную среду (Калюга В.В., 1972). При достижении относительной влажности  $W_n=92\%$  происходит интенсивный переход однофазной системы в двухфазную, которая сопровождается образованием осадка и свободной жидкости (Верховский В.М., Нусаев А.Х.,

Шебалкин Л.Е. и др. 1974). Логично предположить, что образование осадка значительно увеличивает значения плотности, вязкости и начального напряжения сдвига, это затрудняет работу самотечной системы удаления навоза. При влажности жидкого навоза 85-86% значительно увеличиваются значения реологических показателей  $(\rho, \eta, \tau_0)$ , что также затрудняет работу самотечной системы [4]. Можно сделать вывод, что оптимальной для нормальной работы самотечной системы навозоудаления является влажность навозной массы в пределах 86-91%. Влиянием липкости на самотечное движение навозной массы можно пренебречь, так как при влажности 86-91% значение липкости минимально (Уилкинсон У.Л., 1964).

Примем следующие допущения:

- движение навозной массы является установившемся стационарным;
- рассматривается двумерное (плоское) движение навозной массы;
- движение изобарическое ( $dp = 0$ );
- по типу движение жидкости является ламинарным;
- навозная масса несжимаема ( $\rho = const$ );
- поперечный уклон постоянен ( $i = const$ );
- шероховатость дна и стенок ванны одинакова.

На основании вышеизложенного информационная модель процесса движения навозной массы, при которой достигается основная задача  $h_0 \rightarrow 0$ , будет иметь вид, изображённый на рис. 1.



Рис. 1. Информационная модель движения навозной массы

Потери энергии по длине ванны  $h_{пот}$  при ламинарном режиме движения жидкости определим в соответствии с основным уравнением установившегося равномерного движения [5]:

$$h_{пот} = \frac{\tau}{\rho \times g} \times \frac{l_{-x}}{R}, \quad (5)$$

где  $R$  – гидравлический радиус;

$l_{-x}$  – расстояние по оси  $x$  в направлении, противоположном направлению оси  $x$ .

Гидравлический радиус равен отношению площади живого сечения  $\omega$  к смоченному

периметру  $\chi$ ,  $R = \frac{\omega}{\chi}$ :

$$\begin{cases} \omega = h_H \times b_B \\ \chi = b_B + 2h_H \end{cases}, \quad (6)$$

где  $h_H$  – высота жидкого навоза в ванне, м.

Учтём, что при движении неньютоновской жидкости касательное напряжение определяют по формуле (2) как для ньютоновской жидкости, получим выражение для определения потерь напора:

$$h_{\text{ПОТ}} = \eta \frac{du}{dy} \times \frac{l_{-x}}{\rho \times g \times R};$$

$$h_{\text{ПОТ}} = \eta \frac{du}{dy} \times \frac{l_e - l_x}{\rho \times g \times R}, \quad (7)$$

где  $l_e$  – длина ванны, м;

$l_x$  – любое расстояние по оси  $x$  в направлении, совпадающем с направлением оси.

После интегрирования уравнения (7) в пределах  $0 \dots u_{\text{max}}$  получим:

$$h_{\text{ПОТ}} = u_{\text{max}} \times \frac{\eta \times (l_e - l_x)}{\rho \times g \times R};$$

$$h_{\text{ПОТ}} = u_{\text{max}} \times \frac{\eta \times (l_e - l_x)}{\rho \times g \times R}, \quad (8)$$

где  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с ( $\nu = \eta/\rho$ ).

Среднюю скорость  $V$  движения жидкого навоза при ламинарном режиме течения примем как  $V=0,5u_{\text{max}}$  [1, 2]:

$$h_{\text{ПОТ}} = V \times \frac{\nu \times (l_e - l_x)}{2g \times R}. \quad (9)$$

При анализе полученной формулы (9) видно, что потери энергии при движении навозной массы будут являться функцией вязкости, средней скорости и геометрических параметров потока:  $h_{\text{ПОТ}} = f(\nu, V, l_x, b_B, h_H)$ . При неизменных геометрических параметрах ванны и вязкости жидкого навоза основная функциональная зависимость потерь напора по длине потока – от средней скорости движения навозной массы:  $h_{\text{ПОТ}} = f(V)$ .

Выделим в потоке навозной массы сечениями элементарный параллелепипед со сторонами  $\Delta h$ ,  $\Delta b$  и единичной длиной  $\Delta l$  (рис. 2). Рассмотрим приложенные к выделенному объёму силы:

- сила тяжести  $G = \rho \times g \times \Delta W$ , где  $\Delta W = \Delta h + \Delta b + \Delta l$ ;

- равнодействующая сила гидростатического давления  $P_1$  и  $P_2$  (силами давления на боковые поверхности, параллельные боковым стенкам и дну канала, в силу их равенности пренебрежём), равная произведению давления и площади торцевых поверхностей:  $P = \rho \omega_1$ , где  $\omega_1$  – площадь торцевой поверхности;

- сила гидродинамического сопротивления (сила трения), отнесённая к боковым поверхностям выделенного параллелепипеда, равная произведению единичной силы трения – касательного напряжения, и площади боковых поверхностей:  $T = \tau \omega_2$ , где  $\omega_2$  – площадь боковой поверхности.

Высота выделенного элементарного параллелепипеда соизмерима с толщиной слоя жидкости, поэтому силами трения, действующими по боковым поверхностям, параллельным боковым стенкам ванны, в силу их малости пренебрежём.



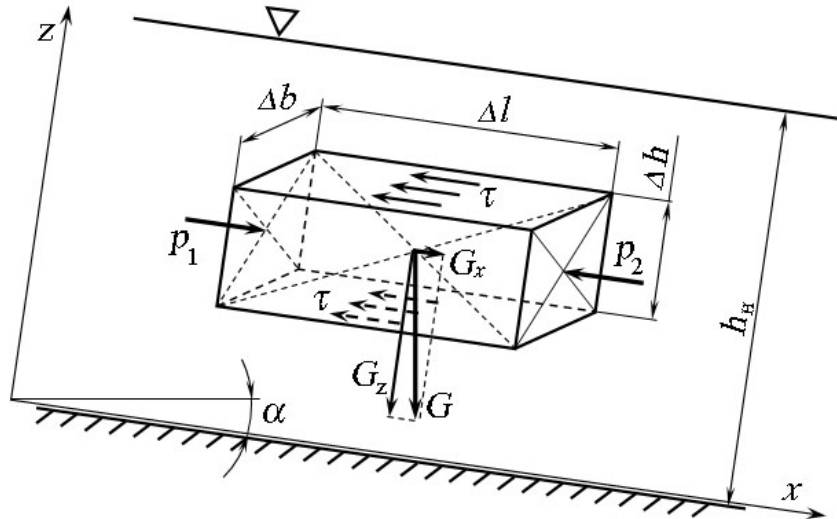


Рис. 2. Схема действия сил на элементарный параллелепипед в слое навозной массы

Запишем уравнение сил, действующих на выделенный элемент в проекции на ось  $x$ :

$$G_x - 2\tau \times \Delta b \times \Delta l - (p_1 - p_2) \times \Delta b \times \Delta h = 0 \quad (10)$$

Сила тяжести в проекции на ось  $x$ , действующая на выделенный элемент:

$$G_x = G \times \sin \alpha = \rho \times g \times \Delta W \times \sin \alpha \quad (11)$$

Параметр  $\sin \alpha$  называют уклоном свободной поверхности потока. Это точное выражение уклона. В гидравлике при малых значениях уклона часто используют приближённое значение этой величины:  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = i$ . Объём элементарного параллелепипеда  $\Delta W = \Delta b \cdot \Delta l \cdot \Delta h$ . Тогда выражение (11) примет вид:

$$G_x = \rho \times g \times \Delta b \times \Delta l \times \Delta h \times i \quad (12)$$

Разница давлений, действующих на боковые поверхности, есть потери давления при равномерном движении [1]:

$$p_1 - p_2 = \Delta p = \rho \times g \times h_{\text{пот}} \quad (13)$$

Подставим (12) и (13) в уравнение (10), поделив все его члены на  $\Delta b \cdot \Delta l$ :

$$\rho \times g \times \Delta h \times i = 2\tau + \rho \times g \times h_{\text{пот}} \times \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad (14)$$

Касательное напряжение  $\tau$  для неньютоновской жидкости определяют по формуле

(3). Перенесём  $\eta \frac{du}{dy}$  в левую часть, все остальные члены уравнения – в правую. С учётом единичной длины  $\Delta l$  получим:

$$\eta \frac{du}{dy} = \frac{\rho \times g \times \Delta h \times i}{2} - \frac{\rho \times g \times h_{\text{пот}}}{2} \times \frac{\Delta h}{\Delta l} - \tau_0 ;$$

$$\frac{du}{dy} = \frac{\rho \times g \times \Delta h \times i}{2\eta} - \frac{\rho \times g \times \Delta h \times h_{\text{пот}}}{2\eta} - \frac{\tau_0}{\eta} ;$$

$$\frac{du}{dy} = \frac{g \times \Delta h \times i}{2\nu} - \frac{g \times \Delta h \times h_{\text{пот}}}{2\nu} - \frac{\tau_0}{\eta} ;$$

$$\frac{du}{dy} = \frac{g \times \Delta h}{2\nu} \times (i - h_{\text{пот}}) - \frac{\tau_0}{\eta};$$

$$du = \frac{g \times (i - h_{\text{пот}})}{2\nu} \times \Delta h dy - \frac{\tau_0}{\eta} dy. \quad (15)$$

Проинтегрируем уравнение (15) –  $dy$  в пределах  $0 \dots y$ ,  $du$  в пределах  $0 \dots u$ .  
Получим:

$$u = \frac{g \times (i - h_{\text{пот}}) \times y^2}{4\nu} - \frac{\tau_0 \times y}{\eta}$$

При  $y = 0$  местная скорость на стенке  $u = 0$ . При  $y = h_H$  местная скорость на поверхности  $u = u_{\text{max}}$ . Тогда:

$$u_{\text{max}} = \frac{g \times (i - h_{\text{пот}}) \times h_H^2}{4\nu} - \frac{\tau_0 \times h_H}{\eta} \quad (16)$$

Подставим выражение для потерь  $h_{\text{пот}}$  (9) в полученное уравнение (16) и перейдем от местной максимальной скорости  $u_{\text{max}}$  к средней  $V$ :

$$0,5 \times V = \frac{g \times i \times h_H^2}{4\nu} - \frac{g \times h_H^2}{4\nu} \times h_{\text{пот}} - \frac{\tau_0 \times h_H}{\eta};$$

$$h_{\text{пот}} = V \times \frac{\nu \times (l_6 - l_x)}{2g \times R};$$

$$V = \frac{g \times i \times h_H^2}{2\nu} - V \times \frac{h_H^2 \times (l_6 - l_x)}{4R} - \frac{2\tau_0 \times h_H}{\eta}. \quad (17)$$

Выразим среднюю скорость  $V$  из уравнения (17), предварительно поделив все члены уравнения на  $V$ . После математических преобразований получим:

$$V = \frac{\left( \frac{g \times i \times h_H^2}{2\nu} \right) - \left( \frac{2\tau_0 \times h_H}{\eta} \right)}{1 + \left[ \frac{h_H^2 \times (l_6 - l_x)}{4R} \right]} \quad (18)$$

При неизменных геометрических параметрах ванны и физико - реологических параметрах навозной массы функциональная зависимость будет иметь вид:

$$V = f(i) \quad (19)$$

Расход навозной массы при течении по ванне (каналу) составит:

$$Q = V \times S_B = V \times b_B \times h_H \quad (20)$$

Движение навозной массы в ванне (канале) осуществляется под действием силы тяжести при открытии пробки (заслонки), вследствие чего происходит истечение в приёмный продольный коллектор, расположенный под каналом. Следствием открытия пробки является течение жидкости, замедляющейся по мере удаления от сливного отверстия, то есть потери энергии при движении будут увеличиваться по мере удаления от сливного отверстия и приближения к противоположной от отверстия торцевой стенке ванны.

**Результаты исследования.** Установившееся стационарное движение навозной массы в навозоприёмном канале позволяет применить при принятых допущениях уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье – Стокса), которое при условии движения в направлении оси  $x$  примет вид [1]:

$$\frac{d^2 u_y}{dy^2} + \frac{d^2 u_z}{dx^2} = -\frac{g \times \sin \alpha}{\nu}, \quad (21)$$

где  $\alpha$  – угол уклона поверхности канала;

$u$  – местная скорость в живом сечении потока.

Так как рассматривается плоское (двумерное) течение, уравнение (21) примет вид:

$$\frac{d^2 u_y}{dy^2} = -\frac{g \times \sin \alpha}{\nu} \quad (22)$$

После интегрирования уравнение (22) в пределах  $0 \dots y$  предстанет в виде:

$$\frac{du}{dy} = -\frac{g \times \sin \alpha}{\nu} \times y + C_1$$

Постоянную интегрирования  $C_1$  определим из граничных условий:

на поверхности  $\frac{du}{dy} = 0$  при  $y = h_H$ ,  $C_1 = \frac{g \times \sin \alpha}{\nu} \times h_H$

Тогда с учётом  $\sin \alpha = i$ :

$$\begin{aligned} \frac{du}{dy} &= -\frac{g \times i}{\nu} \times y + \frac{g \times i}{\nu} \times h_H ; \\ \frac{du}{dy} &= \frac{g \times i}{\nu} \times (h_H - y) . \end{aligned} \quad (23)$$

Выразим градиент скорости  $\frac{du}{dy}$  из уравнения (3) и подставим в уравнение (23) с учётом стационарного состояния навозной массы. В этом случае можно утверждать, что  $\eta \frac{du}{dy} = \tau_0$ . Получим:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_0}{\eta} &= \frac{g \times i}{\nu} \times (h_H - y) ; \\ \tau_0 &= \rho \times g \times i \times (h_H - y) . \end{aligned} \quad (24)$$

Приняв  $h_H - y = h_0$ , получим:

$$h_0 = \frac{\tau_0}{\rho \times g \times i} \quad (25)$$

**Выводы.** Уравнение определения высоты остаточного слоя навоза можно получить из логических рассуждений, приравняв касательное напряжение  $\tau_0$  и напряжение, создаваемое давлением  $p = \rho gh$  в отсутствии движения навозной массы. Так как  $\tau_0$  противодействует смещению верхнего слоя навозной массы под действием проекции силы тяжести  $G_x$ , соответственно в уравнении необходимо ввести уклон поверхности  $i$ .

### Литература

1. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учебник для вузов. – изд. 3-е, переработ. и доп. – М.: КолосС, 2006. – 656 с.
2. Ухин Б.В. Гидравлика: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА – М, 2009. – 464 с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов. – 7-е изд., исп. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
4. Коваленко В.П., Класнер Г.Г. Состав и свойства бесподстилочного свиного навоза: материалы всероссийской научно-практической конференции «Проблемы механизации и электрофикации сельского хозяйства» / Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2014. – С. 105-108.
5. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник. – Ч. 1: Основы механики жидкости и газа. – 6-е изд., стереотип. – М.: МГИУ, 2007. – 264 с.

### Literatura

1. SHterenliht D.V. Gidravlika: uchebnik dlya vuzov. – izd. 3-e, pererabot. i dop. – M.: KolosS, 2006. – 656 s.
2. Uhin B.V. Gidravlika: uchebnoe posobie. – M.: ID «FORUM»: INFRA – M, 2009. – 464 s.
3. Lojcyanskiy L.G. Mekhanika zhidkosti i gaza: ucheb. dlya vuzov. – 7-e izd., isp. – M.: Drofa, 2003. – 840 s.
4. Kovalenko V.P., Klasner G.G. Sostav i svojstva bespodstilochnogo svinogo navoza: materialy vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy mekhanizacii i ehlektrofikacii sel'skogo hozyajstva» / Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyj universitet. – Krasnodar, 2014. – S. 105-108.
5. SHEjpak A.A. Gidravlika i gidropnevmoпривод: uchebnik. – CH. 1: Osnovy mekhaniki zhidkosti i gaza. – 6-e izd., stereotip. – M.: MGIU, 2007. – 264 s.

УДК 631.22

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11147

Науч. сотрудник Т.Ю. МИРОНОВА  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironova-tat@mail.ru)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАВОЗОСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ ДООИЛЬНЫХ ЗАЛОВ И ПЛОЩАДИ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Во всех странах мира отмечается увеличение количества и мощности животноводческих комплексов на промышленной основе, что приводит к значительному сосредоточению отходов в одном месте. Это касается и навозосодержащих стоков доильных залов, увеличению которых способствует переход современных сельхозпредприятий на беспривязный способ содержания с доением коров в автоматизированных доильных залах.

Вместе с тем на сегодняшний день одной из основных проблем крупных животноводческих комплексов является отсутствие достаточного количества земельных угодий сельскохозяйственного назначения для внесения всего получаемого органического удобрения [1]. При интенсивном, специализированном и концентрированном животноводстве наблюдается изменение баланса между растениеводством и животноводством и нарушается цикл оборота питательных веществ [2]. Решение этой проблемы следует искать в рациональном сочетании животноводства с интенсивным растениеводством, что позволит утилизировать отходы животноводства с наибольшим эффектом [3].

**Цель исследования** – определение суточного количества навозосодержащих стоков доильного зала и площади теплицы для их утилизации.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Навозосодержащие стоки доильного зала (НСДЗ) характеризуются высокой влажностью – до 99,5% с концентрацией питательных

веществ около 1,5 г/л, что близко к стандартным питательным растворам (0,5-1,04 г/л), применяемым в защищенном грунте [4]. Защищенный грунт является очень ёмким потребителем жидких удобрений, так как значительное количество питательных веществ уносится с урожаем и вымывается через водосток при орошении. Вследствие этого способ утилизации НСДЗ молочных ферм в качестве жидких удобрений в защищенном грунте является одним из рациональных приемов [4, 5]. Исходя из концепции сочетания животноводства с интенсивным растениеводством, которое обеспечит утилизацию отходов в замкнутом цикле предприятия.

Животноводческий комплекс должен включать в себя культивационные сооружения – теплицы или оранжереи, так как их микроклимат наиболее благоприятен для усвоения всех питательных веществ растениями, а эксплуатация их может осуществляться круглый год.

Внесение НСДЗ имеет ряд преимуществ перед внесением минеральных удобрений, традиционно используемых в теплицах. Результаты производственной проверки на розах в тепличном хозяйстве учебно-экспериментальной базы Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина показали положительное влияние внутрпочвенных подкормок навозосодержащими стоками доильных залов на рост и развитие растений, при этом у роз наблюдалось повышение сбора цветов на 18,9% и увеличение высоты растений на 7,2% по сравнению с поверхностным внесением и на 26,7% и 10,4% соответственно по сравнению с подкормками минеральными удобрениями, применяемыми в теплице [4].

Для определения требуемых площадей и затрат на строительство прифермской теплицы для утилизации навозосодержащих стоков доильных залов, уже на этапе проектирования необходимо знать их суточное количество, образующееся от предполагаемого поголовья дойного стада.

**Результаты исследования.** НСДЗ состоят из экскрементов, оставляемых в доильном зале коровами, раствора для обработки копыт, если её проводят в доильном зале, технологической воды, преимущественно используемой для регулярной уборки полов. Количество НСДЗ можно определить по следующей зависимости [6]:

$$Y_{сут} = Y_{экс.} + Y_{коп.} + X_3 Y_{пол.}, \quad (1)$$

где  $Y_{экс.}$  – количество экскрементов, оставляемых в доильном зале коровами, м<sup>3</sup>;

$Y_{коп.}$  – количество раствора для обработки копыт, поступающего в навозосодержащие стоки доильного зала, м<sup>3</sup>;

$X_3$  – количество моек пола, раз;

$Y_{пол.}$  – количество воды для регулярной уборки полов, поступающей в навозосодержащие стоки, м<sup>3</sup>.

Расчет количества экскрементов, оставляемых в доильном зале коровами, и раствора для обработки копыт исходит от общего количества животных.

Количество экскрементов, поступающих в навозосодержащие стоки доильного зала:

$$Y_{экс.} = G \cdot m_{сут.}, \quad (2)$$

где  $G$  – поголовье дойного стада, гол.;

$m_{сут.}$  – среднесуточное количество экскрементов, оставляемых в доильном зале одной коровой, м<sup>3</sup>. Согласно методическим рекомендациям [7] составляет 2-3% от среднесуточного выхода экскрементов при влажности 88%.

Количество раствора для обработки копыт, поступающего в навозосодержащие стоки доильного зала:

$$Y_{коп.} = G \cdot \frac{2 \cdot V_{ван.}}{Q} \cdot \frac{q}{7}, \quad (3)$$

где  $V_{ван.}$  – объем воды в одной ванне для обработки копыт, л;

$Q$  – количество животных, после которых меняется раствор для обработки копыт, гол.;

$q$  – количество дней обработки копыт в неделю, дней.

Зная площади зоны ожидания (преддоильная площадка), санитарной зоны, зоны доения и выхода, а также расход воды, требующийся для их уборки можно рассчитать количество образующихся стоков на этой площади:

$$Y_{пол} = (S_{н.п.} + S_{сан. зоны} + S_{д.з.}) \cdot V_e, \quad (4)$$

где  $S_{н.п.}$  – площадь преддоильной площадки, м<sup>2</sup>;

$S_{сан. зоны}$  – площадь санитарной зоны, м<sup>2</sup>;

$S_{д.з.}$  – площадь зоны доения, м<sup>2</sup>;

$V_e$  – количество воды, расходуемой на регулярную уборку пола, л/м<sup>2</sup>.

Площадь преддоильной площадки определяется размером технологической группы и принимается 1,8-2,0 м<sup>2</sup> на гол. [8]. При одинаковом поголовье с увеличением количества коров в группе увеличивается объем образующихся навозосодержащих стоков, за счет увеличения преддоильной площадки, и время ожидания доения, что отрицательно сказывается на уровне комфорта коров [6].

Площадь зоны доения и выхода зависит от типа и размера доильной установки, которые выбираются исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности разового доения стада.

Основное количество воды, образующей впоследствии навозосодержащие стоки, расходуется на регулярную мойку [6].

С учетом вышесказанного и формул (2) – (4) выражение (1) для определения суточного выхода навозосодержащих стоков можно записать:

$$Y_{сут} = G \cdot m_{сут} + G \cdot \frac{2 \cdot V_{ван.}}{Q} \cdot \frac{q}{7} + X_3 \cdot V_e \cdot (S_{н.п.} + S_{сан. зоны} + S_{д.з.}). \quad (5)$$

Площадь прифермской теплицы должна обеспечивать полную утилизацию предварительно подготовленных навозосодержащих стоков в соответствии с рекомендуемыми для выращиваемых культур нормами полива и подкормки. Представленная на рисунке блок-схема алгоритма расчета площади прифермской теплицы для утилизации стоков позволяет определить площадь прифермской теплицы для утилизации навозосодержащих стоков, норму поливной воды на эту площадь и дозу дополнительного внесения минеральных удобрений в зависимости от концентрации питательных веществ в этих стоках, выноса питательных веществ растениями.

Первоначально рассчитывается годовая норма внесения стоков  $M_{N,P,K}$  по каждому биогенному элементу и принимается равная минимальному значению  $M_c$ . Также рассчитывается увлажнительная поливная норма  $M_e$ , которая сравнивается с нормой внесения навозосодержащих стоков  $M_c$ , и для расчета площади теплицы принимается минимальная из них.

Площадь прифермской теплицы определяется из условия годовой нормы внесения навозосодержащих стоков с учетом водопотребления выращиваемых культур. Далее проводится расчет дозы дополнительного внесения удобрений на полученную площадь в пересчете на действующее вещество  $N, P, K$  для каждого биогенного элемента. Если кроме внесения навозосодержащих стоков требуются дополнительные увлажнительные поливы, то рассчитывается и их норма  $V_e$ .

Полученная в результате площадь прифермской теплицы позволит не только безопасно утилизировать весь объем стоков, образующихся в доильном зале, но и получить дополнительную продукцию, выращенную на данных площадях.

При этом нужно помнить, что внесение навозосодержащих стоков доильных залов возможно не под все виды культур. Для безопасности, с санитарной точки зрения, необходимо предусмотреть предварительную подготовку НСДЗ, а растения выбирать лучше не употребляющиеся в пищу, например, цветочные культуры.

Используя приведенные формулы и алгоритмы расчета, можно определить суточный выход НСДЗ и площадь теплицы для их утилизации. Так, суточный объем навозосодержащих стоков для молочной фермы с поголовьем дойного стада 200 голов, размером технологической группы 50 голов и доильной установкой «Ёлочка 2x10», исходя из данных нормативных

документов [7, 8] и среднестатистических методов ведения хозяйства [6], согласно формуле (5), составит  $2,2 \text{ м}^3$ . Тогда минимальная полезная площадь прифермской теплицы для полной утилизации этого объема навозосодержащих стоков при выращивании роз будет равна  $1141 \text{ м}^2$ . Каждый квадратный метр данной площади теплицы позволит получить 260 шт. среза цветов в год, для этого в течение года дополнительно потребуется внести: азота –  $1067 \text{ г/м}^2$ , калия –  $202 \text{ г/м}^2$ ; воды для увлажнительных поливов –  $671 \text{ л/м}^2$ .

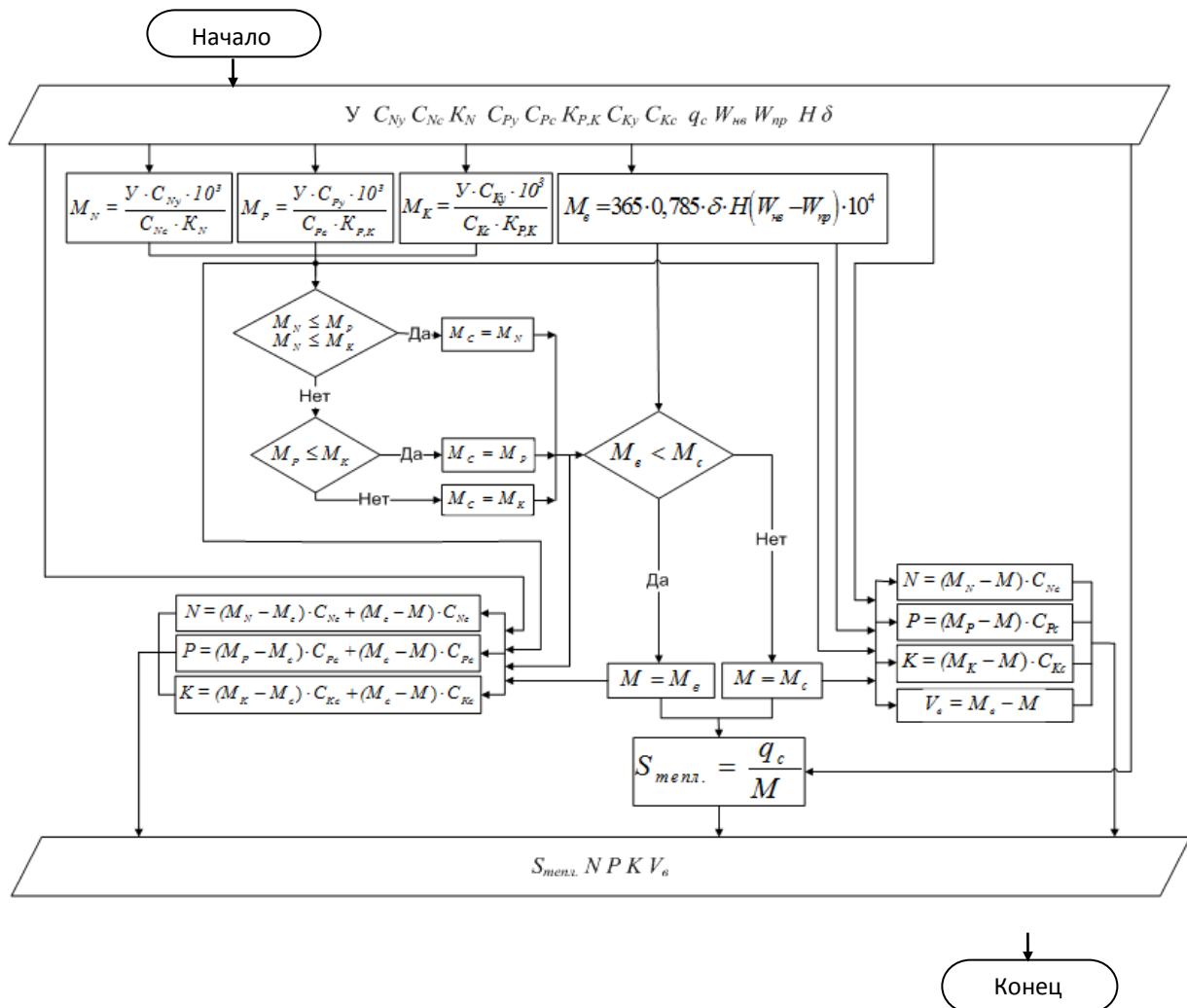


Рис. Блок-схема алгоритма расчета площади прифермской теплицы для утилизации стоков

**Выводы.** Используя приведенные формулы и алгоритмы расчета, можно определить суточный выход навозосодержащих стоков доильных залов, требуемые объемы для их хранения и площади для утилизации. Это позволит уже на этапе принятия планировочных и технологических решений ферм рассчитать примерные затраты на хранение и утилизацию навозосодержащих стоков.

Например, на ферме с поголовьем дойного стада 200 голов, по расчетным данным, ежегодно образуется  $803 \text{ м}^3$  навозосодержащих стоков доильных залов. Минимальная полезная площадь прифермской теплицы для полной их утилизации в течение года при выращивании роз составит  $1141 \text{ м}^2$ . Данная площадь теплицы позволит не только безопасно утилизировать весь объем стоков, образующихся в доильном зале, но и получить 297 тыс. шт. среза цветов в год. Для этого в течение года на эту площадь дополнительно потребуется внести около 1217 кг азотных и 230 кг калийных удобрений,  $766 \text{ м}^3$  воды для полива.

## Литература

1. Шалавина Е.В., Брюханов А.Ю., Субботин И.А., Васильев Э.В., Козлова Н.П., Оглуздин А.С. Результаты расчетного и аналитического методов определения количественных и качественных характеристик навоза крупного рогатого скота // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4(97). – С.269-279.
2. **Dairy freestall housing and equipment "MWPS 7"**/ W.G. Bickert, B. Holmes, K. Janni, D. Kammel, R. Stowell, J. Zulovich [et al.]. – 7th ed. – 2000. – p. 154. – ISBN 0-89373-095-5.
3. **Хазанов Е.Е., Гордеев В.В., Хазанов В.Е.** Технология и механизация молочного животноводства: учебное пособие / Под общ. ред. Е.Е. Хазанова. – 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.
4. **Миринова Т.Ю., Миринов В.Н.** Прифермская теплица для утилизации навозосодержащих стоков доильных залов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 4 (12). – С. 168-172.
5. **Гордеев В.В., Гордеева Т.И.** Интенсивные технологии в животноводстве и обеспечение экологических требований // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 4 (12). – С. 159-163.
6. **Гордеев В.В., Миринова Т.Ю., Миринов В.Н.** Методика определения количества навозосодержащих стоков доильных залов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4(97). – С. 241-250.
7. **РД-АПК 1.10.15.02-17** Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. М. Росинформагротех. – 2017. – 173 с.
8. **РД-АПК 1.10.01.01-18** Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М. Росинформагротех. – 2018. – 166 с.

## Literatura

1. **SHalavina E.V., Bryuhanov A.YU., Subbotin I.A., Vasil'ev E.H.V., Kozlova N.P., Ogluzdin A.S.** Rezul'taty raschetnogo i analiticheskogo metodov opredeleniya kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik navoza krupnogo roगतого skota // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhiivotnovodstva. – 2018. – № 4(97). – S.269-279.
2. **Dairy freestall housing and equipment "MWPS 7"**/ W.G. Bickert, B. Holmes, K. Janni, D. Kammel, R. Stowell, J. Zulovich [et al.]. – 7th ed. – 2000. – p. 154. – ISBN 0-89373-095-5.
3. **Hazanov E.E., Gordeev V.V., Hazanov V.E.** Tekhnologiya i mekhanizatsiya molochnogo zhiivotnovodstva: uchebnoe posobie / Pod obshch. red. E.E. Hazanova. – 2-e izd., ster. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2016. – 352 s.
4. **Mironova T.YU., Mironov V.N.** Prifermskaya teplica dlya utilizatsii navozosoderzhashchih stokov doil'nyh zalov // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhiivotnovodstva. – 2013. – № 4 (12). – S. 168-172.
5. **Gordeev V.V., Gordeeva T.I.** Intensivnye tekhnologii v zhiivotnovodstve i obespechenie ehkologicheskikh trebovanij // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhiivotnovodstva. – 2013. – № 4 (12). – S. 159-163.
6. **Gordeev V.V., Mironova T.YU., Mironov V.N.** Metodika opredeleniya kolichestva navozosoderzhashchih stokov doil'nyh zalov // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhiivotnovodstva. – 2018. – № 4(97). – S. 241-250.
7. **RD-APK 1.10.15.02-17** Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pometa. M. Rosinformagrotekh. – 2017. – 173 s.
8. **RD-APK 1.10.01.01-18** Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo roगतого skota. M. Rosinformagrotekh. – 2018. – 166 s.



Аспирант **М.И. ФАЙЗУЛЛИН**  
(ИжГСХА, faizullin12@mail.ru)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАКРЫТОГО КОМПСТИРОВАНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННОЙ АЭРАЦИИ

Развал СССР усугубил проблему утилизации отходов животноводческих ферм, она всегда являлась острой. В Российской Федерации во всех категориях хозяйств насчитывается около 20 млн голов крупного рогатого скота, свиней – более 17 млн, овец – 21 млн, птицы – около 450 млн. Сегодня более 2 млн га земли занято под хранение навоза. Отходами животноводства покрыта площадь, равная почти половине территории Московской области. И этот ресурс представляет реальную экологическую угрозу, вместо того, чтобы работать на плодородие почв и высокие урожаи [1]. Перспективной и энергоэффективной технологией является искусственная вентиляция навозного бурта (метод принудительной аэрации навоза при компстировании). Насыщение внутренних объёмов навозного бурта кислородом обеспечивает ускоренное развитие аэробных бактерий, в процессе жизнедеятельности которых происходит интенсивное нагревание продукта вплоть до температур 60-70 °С. За счёт этого происходит уничтожение болезнетворной микрофлоры и самообеззараживание навоза в течение 1-2 месяцев. Проблема переработки и утилизации отходов животноводства исключительно актуальна во многих странах мира [2].

**Цель исследования** – выявить влияние управляемых факторов на процесс нагрева навозного бурта в результате его искусственной аэрации.

*Задачи исследования.*

1. Получить уравнение математической модели, описывающее зависимость температуры навоза (соломонавозной смеси) при искусственной аэрации от трех факторов: относительной влажности, числа обработки в день и числа обработки в неделю.
2. Выявить влияние управляемых факторов на этот процесс.
3. Научно обосновать предлагаемые технические решения, методы и режимы утилизации и/или переработки отходов.

**Материалы, методы и объекты исследования** – общие и частные методики планирования многофакторного эксперимента.

**Результаты исследования.** Большинство технологий имеет ограниченное применение в холодное время года или связаны с применением дорогостоящего оборудования, или требуют большого объёма капитальных затрат [3-5].

Самый простой способ решения проблем – компстирование, которое позволяет на выходе получить ценное органическое удобрение, пригодное для непосредственного внесения в почву или её рекультивации. Однако этот метод требует значительной временной (до полугода) выдержки навоза / помета.

Известен перспективный метод компстирования с ускоренной аэробной ферментацией [2, 4, 5].

Для этого нами предлагается установка ускоренного компстирования, (рис. 1).

Лабораторная установка представляет собой компрессор, при помощи которого сквозь толщу навоза нагнетается воздух. Это приводит к развитию аэробных и термофильных бактерий, нагреванию навоза внутри бурта и ускоренной ферментации.

Использовался свежий подстилочный навоз крупного рогатого скота (соломонавозная смесь). После закладки навоза в ящики, снимаются показатели температуры. Предложена схема расположения контрольных точек для съёма показателей температуры на каждом уровне, а также разработана матрица планирования эксперимента, интервалы и уровни варьирования факторов (табл. 1-3) [4, 5].

В качестве управляемых факторов, влияющих на процесс ферментации навоза, были выбраны влажность исходного навоза (соломонавозной смеси)  $W$  (%), число обработок в

сутки  $N_1$  и число обработок в неделю  $N_2$ . Интервалы и уровни варьирования факторов представлены в табл. 1 [5].



Рис. 1. Внешний вид установки для искусственной аэрации навоза

Таблица 1. Интервалы и уровни варьирования управляемых факторов

Факторы	Уровни			Интервалы варьирования
	нижний (-1)	нулевой (0)	верхний (+1)	
$X_1$ – относительная влажность соломонавозной смеси $W$ , %	67	77	87	10
$X_2$ – число обработок в сутки, раз	1	2	3	1
$X_3$ – число обработок в неделю, раз	1	2	3	1

При исследовании навоза влажность изучаемых материалов определялась в соответствии с ГОСТ 26713-85 «Метод определения влаги и сухого остатка» [6]. Массовую долю влаги в процентах вычисляли по формуле:

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m} ,$$

где  $m_1$  – масса чашки (бюкса) с навеской до высушивания, г;  $m_2$  – масса чашки (бюкса) с навеской после высушивания, г;  $m$  – масса навески, г.

В табл. 2 приведены исследования влажности навоза.

Таблица 2. Исследования влажности навоза в экспериментальных ящиках

Показатели	Свежий навоз	Полуперепревший навоз (контрольный ящик)	Перепревший навоз (экспериментальный ящик)
Влажность, %	87,23	72,87	65,15

Расчётное среднесуточное количество и влажность экскрементов от одного животного крупного рогатого скота представлено в табл. 3.

Таблица 3. Среднесуточное количество и влажность экскрементов

Половозрастные группы животных	Показатели	Состав экскрементов		
		экскременты	в том числе	
			кал	моча
КРС	Масса, кг	47,5	32,5	15
	Влажность, %	87,2	84,1	94,55

На активность развития микробиологического синтеза в компосте большое влияние оказывает влажность смешанной массы, которая зависит от степени однородности перемешивания и размеров частиц компонентов. Для подстилки использовали солому в виде резки длиной от 8 до 15 см [7].

Готовые компосты должны иметь влажность 55-70 %.

Матрица планирования и результаты экспериментов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Относительная влажность соломеннонавозной смеси $X_1$ , %	Число обработок в сутки $X_2$ , раз	Число обработок в неделю $X_3$ , раз	Температура навоза $Y$ , %
1	-1	0	1	54,5
2	-1	1	0	53,0
3	0	0	0	58,5
4	0	-1	0	63,0
5	-1	-1	-1	18
6	0	0	0	59,5
7	1	0	-1	55,0
8	1	0	1	62,5
9	0	1	1	54,0
10	-1	0	-1	50,5
11	0	1	-1	61,5
12	1	1	0	66,0
13	1	-1	1	68,0
14	0	-1	1	63,5
15	0	1	0	55,5

Схема расположения контрольных точек на каждом уровне представлена в табл. 5.

Таблица 5. Схема расположения контрольных точек

1		2	$a = 12,5$ см (0,125 м) $b = 25$ см (0,250 м) $c = 37,5$ см (0,375 м)
	5		
3		4	
Контрольные точки на каждом уровне			Уровни по высоте над свободной поверхностью

В ящики однократно подается воздух в объеме 180-190 л (один цикл работы компрессора) и снова производятся замеры температуры.

В табл. 6 приведены значения температуры в контрольном ящике без обдувки воздухом.

Таблица 6 Температурное поле в контрольном ящике 1 с навозом, °С

точка уровень	1	2	3	4	5
<i>a</i>	45,5	47,0	48,0	47,0	50,5
<i>b</i>	44,0	45,0	46,0	43,5	51,0
<i>c</i>	45,0	45,0	48,0	44,0	53,0

В табл. 7 приведены значения температуры в толще навоза для контрольных точек до и после однократной обработки воздухом.

Таблица 7 Температурное поле в экспериментальном ящике с навозом, °С

точка уровень	1	2	3	4	5
<i>a</i>	50,5	51,0	50,5	50,5	51,0
	50,0	50,0	50,0	50,0	52,5
<i>b</i>	49,0	49,5	50,5	51,0	54,0
	49,0	49,5	50,5	50,5	56,0
<i>c</i>	50,0	50,5	51,0	50,0	58,0
	50,0	50,5	51,0	51,0	58,5

Примечание: в числителе указаны температуры до обработки, в знаменателе – после однократной обработки воздухом через 15 мин. после обработки

**Выводы.** Таким образом, анализ данных показывает, что температурное поле имеет градиент по объему навозного бурта. Во всех случаях центральная часть кучи имеет более высокую температуру (в среднем на 4-11°С), чем навоз, лежащий по краям ящика. Кроме того, верхний слой навоза, контактирующий с окружающей средой, имеет более низкую температуру, по сравнению со слоями, лежащими ниже. Это объясняется тепло- и влагообменом поверхностного слоя с окружающей средой, что приводит к снижению температуры поверхностного слоя.

Средняя температура контрольной кучи навоза (математическое ожидание) составила 46,8°С, при величине доверительного интервала ±2,8°С (с вероятностью 68%).

Средняя температура экспериментальной кучи навоза после однократной обработки в течение дня и 2-кратной обработки в течение недели составила 53,9°С, при величине доверительного интервала ±4,4°С (с вероятностью 68%).

Следует отметить, что при закладке опытов 4 октября 2017 года температура в контрольном ящике в центре кучи составляла 22°С, через час поднялась до 42°С. В это время активно стали работать аэробные группы бактерий, выделяющие значительное количество тепла в процессе своей жизнедеятельности. Экспериментальные ящики с навозом подверглись однократной продувке воздухом и имели температуру несколько ниже – 32-35°С. Естественно, что обдувка кучи холодным воздухом ( $t_{в} = 7,5^{\circ}\text{C}$ ) несколько снизила температуру, однако не столь существенно, что можно объяснить незначительным объемом прокачиваемого воздуха. На следующий день температура контрольной кучи снизилась до 36°С, а в экспериментальной куче, наоборот, поднялась до 40°С. В контрольной куче уже стал ощущаться недостаток кислорода и аэробные группы бактерий стали угнетаться, заменяясь на анаэробные бактерии, не выделяющие много тепла. В экспериментальной куче жизнедеятельность аэробных бактерий продолжалась. Следует отметить необходимость тщательного укрытия навоза пленкой или другим материалом для защиты от атмосферных осадков и сохранения тепла. В этом случае, а также при достаточном объеме компостируемого материала, доступе воздуха для жизнедеятельности аэробных бактерий можно достичь температуры 60°С и обеспечить обеззараживание навоза и превращение его в компост.

**Литература**

1. **Rob van Haaren Large scale aerobic composting of source separated organic wastes:** A comparative study of environmental impacts, costs, and contextual effects. / Rob van Haaren. – Columbia: Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of Engineering and Applied Science Columbia University, 2009. – 71 с.
2. **Файзуллин М.И.** Особенности распределения поля температур в толще навоза при обработке его воздухом // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых учёных-исследователей: материалы Всероссийской научно-практической конференции (24-27 октября 2017 года). [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 258-263.
3. **Мохов А.А., Шакиров Р.Р.** Планирование и анализ результатов экспериментального исследования работы машины для приготовления компоста: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах / ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – 2018. – С. 65-70.
4. **Иванов А.Г. и др.** Перспективная технология утилизации навоза методом ускоренной ферментации // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции: в 3-х томах / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – 2017. – С. 77-82.
5. **Файзуллин М.И.** Планирование и анализ результатов полнофакторного эксперимента по обработке навоза воздухом // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Международной науч.-практ. конф. в 3-х томах (13-16 февраля 2018 года). – Ижевск, 2018. – С. 185-191.
6. **Нормы технологического проектирования** систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта: НТП 17-1999. – Введ. 1999-05-31. – М.: Изд-во НПЦ «Гипронисельхоз», 1999. – 24 с.
7. **Абдрахманов Р.К. и др.** Обоснование параметров валков соломы и рабочих элементов разравнивателя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – №3. – С. 64-67.

**Literatura**

1. **Rob van Haaren Large scale aerobic composting of source separated organic wastes:** A comparative study of environmental impacts, costs, and contextual effects. / Rob van Haaren. – Columbia: Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of Engineering and Applied Science Columbia University, 2009. – 71 s.
2. **Fajzullin M.I.** Osobennosti raspredeleniya polya temperatur v tolshe navoza pri obrabotke ego vozduhom // Innovacionnyj potencial sel'skohozyajstvennoj nauki XXI veka: vklad molodyh uchyonih-issledovatelej: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii (24-27 oktyabrya 2017 goda). [Elektronnyj resurs] / FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. – S. 258-263.
3. **Mohov A.A., SHakirov R.R.** Planirovanie i analiz rezul'tatov ehksperimental'nogo issledovaniya raboty mashiny dlya prigotovleniya komposta: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 3 tomah / FGBOU VO Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. – 2018. – S. 65-70.
4. **Ivanov A.G. i dr.** Perspektivnaya tekhnologiya utilizacii navoza metodom uskorennoj fermentacii // Nauchno obosnovannye tekhnologii intensifikacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 3-h tomah / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». – 2017. – S. 77-82.
5. **Fajzullin M.I.** Planirovanie i analiz rezul'tatov polnofaktornogo ehksperimenta po obrabotke navoza vozduhom // Innovacionnye tekhnologii dlya realizacii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo hozyajstva: materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prak. conf. v 3-h tomah (13-16 fevralya 2018 goda). – Izhevsk, 2018. – S. 185-191.

6. **Normy tekhnologicheskogo projektirovaniya** sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pomyota: NTP 17-1999. – Vved. 1999-05-31. – М.: Izd-vo NPC «Gipronisel'hoz», 1999. – 24 s.
7. **Abdrahmanov R.K. i dr.** Obosnovanie parametrov valkov solomy i rabochih ehlementov razravnivatelya // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – №3. – S. 64-67.

УДК 621.311 (07)

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11157

Канд. техн. наук **С.В. ГУЛИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, serg.gulin2010@yandex.ru)

Канд. техн. наук **А.Г. ПИРКИН**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, pirkin.ag@mail.ru)

### ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ИНЖИНИРИНГА ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Руководитель любой компании (фирмы), в том числе и в сферах электроэнергетики и электротехнологии, стремится к тому, чтобы его компания функционировала как единый четко отлаженный механизм, а различного рода изменения происходили в ней в направлении повышения ее эффективности четко и без задержек. Такого результата можно достигнуть, если выстроить работу компании с использованием методов универсального инжиниринга.

Метод универсального инжиниринга базируется на том, что цели, задачи, процессы и организационная структура компании сводятся в четкую понятную для всех ее сотрудников систему и каждое организационное или управленческое решение вытекает из видения общего процесса развития компании [1].

Вместе с тем использование инжинирингового подхода позволяет каждому сотруднику организации, создающей и (или) эксплуатирующей сложные электротехнологические системы, четко видеть свое место в общем процессе ее функционирования. В дальнейшем для краткости изложения термин «универсальный инжиниринг» заменим термином «инжиниринг».

**Цель исследования** – формирование методологии бизнес-инжиниринга в сфере проектирования, создания и эксплуатации сложных электротехнологических систем на примере вегетационных климатических установок (ВКУ). Исходным понятием при изучении бизнес-инжиниринга является бизнес-процесс (БП). БП представляет собой совокупность действий, которые реализуют одну (или несколько) из бизнес-целей компании [2].

Графически бизнес-процесс можно интерпретировать следующим образом (рис. 1).

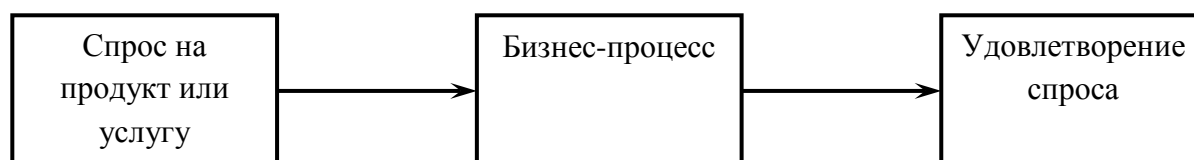


Рис. 1. К определению бизнес-процесса

Бизнес-процесс отличается от обычного технологического процесса тем, что в нем обязательно участие человека.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Бизнес-инжиниринг (business engineering) представляет собой современную технологию управления, построенную на формальном, точном, полном и всестороннем описании деятельности компании (фирмы) путем формирования ее базовых информационных моделей в тесном взаимодействии с моделью внешней среды.

В качестве объекта исследования рассмотрим процесс проектирования, создания и эксплуатации ВКУ, являющихся разновидностью электротехнологических систем, используемых для культивирования растений в условиях контролируемых и регулируемых параметров искусственной среды.

Перечень бизнес-процессов при проектировании, создании и эксплуатации ВКУ включает в себя [1]:

- технико-экономическое обоснование (ТЭО);
- разработку технического задания (ТЗ);
- проектирование и испытание;
- монтаж и пуско-наладочные работы;
- опытную эксплуатацию;
- инженерное сопровождение (техническое обслуживание).

В ТЭО приводится расчет и анализ экономических показателей, подбираются варианты наиболее эффективных технических и экономических решений по энергообъекту в целом и его подсистемам.

ТЗ на электротехнологический объект, в нашем случае ВКУ, представляет собой перечень документов, включающих в себя описание основных его характеристик (надежность, ремонтпригодность, пропускная способность), и является основанием для реализации бизнес-проекта. На этом этапе разрабатывается поэтапный список выполняемых работ, выбираются технологические решения, оборудование, а также программное обеспечение.

Проектирование в энергетической сфере есть не что иное, как процесс разработки проектной, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для создания новых образцов энергетических объектов и систем.

Перед проведением монтажа и пуско-наладки электротехнологического оборудования, в частности ВКУ, организуются стендовые испытания отдельных подсистем объекта. Все возможные неполадки и режимные нарушения могут быть выявлены только при проведении испытаний повышенными энергетическими нагрузками. На основании полученных результатов производится доработка проекта, повторное тестирование, и только после этого производят монтаж энергооборудования и формирование программного обеспечения.

После того как создана новая система, проводится ее опытная эксплуатация, т.е. проверка всего энерготехнологического оборудования и программного обеспечения в реальных условиях работы. Завершающим этапом бизнес-инжиниринговых услуг является инженерное сопровождение принятой в эксплуатацию системы, т.е. предоставление услуг по ее техническому обслуживанию и ремонту. Поскольку сами по себе электроэнергетические и энерготехнологические системы являются достаточно сложными, для их технического обслуживания и ремонта зачастую заключаются договора со специализированными энергосервисными компаниями.

Типовой жизненный цикл для электротехнологической системы (объекта) приведен на рис.2.

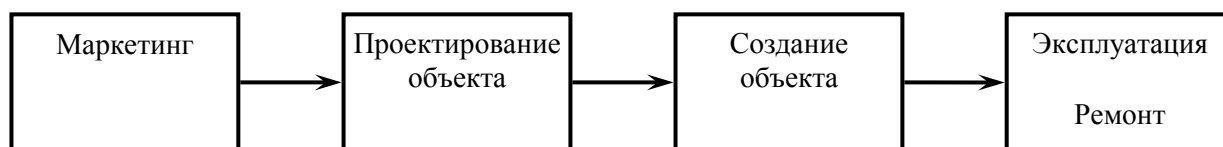


Рис. 2. Жизненный цикл электротехнологического объекта

Полагая, что процесс бизнес-инжиниринга является сложной функцией времени, его эффективность можно представить в общем виде [1]:

$$\mathcal{E}_{\text{БИ}}(t) = F[\mathcal{E}_{\text{П}}(t), \mathcal{E}_{\text{МПН}}(t), \mathcal{E}_{\text{ЭТО}}(t)], \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{БИ}}(t)$  – эффективность бизнес-инжиниринга;

$\mathcal{E}_{\text{П}}(t)$ ,  $\mathcal{E}_{\text{МПН}}(t)$  – эффективность проектирования, монтажа и пуско-наладки;

$\mathcal{E}_{\text{ЭТО}}(t)$  – эффективность эксплуатации, техобслуживания и ремонта.

Комплекс бизнес-инжиниринговых услуг при проектировании, создании и эксплуатации ВКУ можно представить в виде следующей схемы (рис. 3) [2].



Рис. 3. Этапы бизнес-инжиниринга при создании и эксплуатации ВКУ

Представленные на рис. 3 этапы бизнес-инжиниринговых услуг, по сути, представляют собой последовательность бизнес-процессов, каждый из которых требует грамотного комплексного менеджмента (управление инновациями, финансами, персоналом, рисками и т.д.).

Из вышеизложенного можно сделать выводы о важности маркетингового подхода к энергоинжинирингу, суть которого изложена в [3].

В современном менеджменте активно развивается управленческая технология бизнес-инжиниринга – «технология проектирования эффективных организаций», построенная на использовании архитектурных моделей деятельности предприятий [4].

В настоящей статье процессы бизнес-инжиниринга рассмотрим на примере проектирования, создания и эксплуатации вегетационных климатических установок (ВКУ).

Установки предназначены для выращивания растений в регулируемых искусственных условиях. ВКУ позволяют проводить исследования влияния физических и климатических факторов внешней среды на растительные организмы, в том числе:

- для проведения фундаментальных научных исследований по созданию эффективных энергосберегающих технологий выращивания овощной продукции в открытом и защищенном грунте;
- для повышения эффективности селекционной работы;



- для моделирования режимов регулируемого микроклимата в теплицах;
- для организации учебного процесса в средних и высших учебных заведениях.

**Результаты исследования.** В настоящее время вегетационные шкафы, камеры и фитотроны находят широкое применение для научных исследований в различных областях биологии и сельского хозяйства [5]. Контролирование и регулирование факторов среды производится в этих установках в основном для создания искусственно воспроизводимых внешних условий (по свету, температуре и влажности воздуха, реже – по газовым режимам и минеральному питанию) при исследованиях процессов жизнедеятельности растений.

Блок-схема вегетационной климатической установки приведена на рис.4.

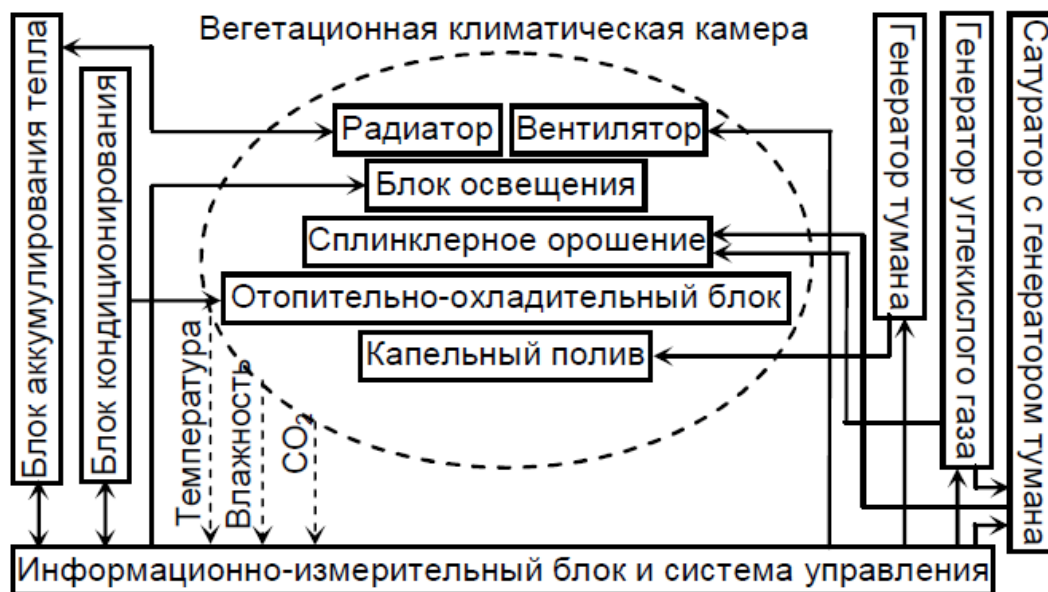


Рис.4. Блок-схема функционирования ВКУ

Исследователь, как ведущее звено бизнес-процесса по созданию и внедрению ВКУ, получает в автоматическом режиме информацию о состоянии среды. Сведения об интенсивности физиологических процессов в растениях выявляются им после дополнительной обработки полученного растительного материала, специальных измерений и расчетов. Оперативно использовать полученную таким образом информацию для управления жизнедеятельностью растений в искусственных условиях практически сложно, ввиду инерционности биологических процессов. Вместе с тем, по мере накопления данных о потенциальных возможностях растений и их посевов, получаемых в экспериментах на установках с контролируемыми и регулируемыми условиями искусственной среды, становится актуальной проблема разработки теории и практики оптимального управления процессами жизнедеятельности сельскохозяйственных культур.

Применение инжиниринговых методов позволяет повысить эффективность процесса разработки систем автоматического получения информации о ходе важнейших физиологических процессов (фотосинтезе, транспирации и др.) в растениях при воздействии факторов внешней среды. Структурная схема, поясняющая информационные возможности этих установок для исследователя, применяющего методы бизнес-инжиниринга, приведена на рис.5.

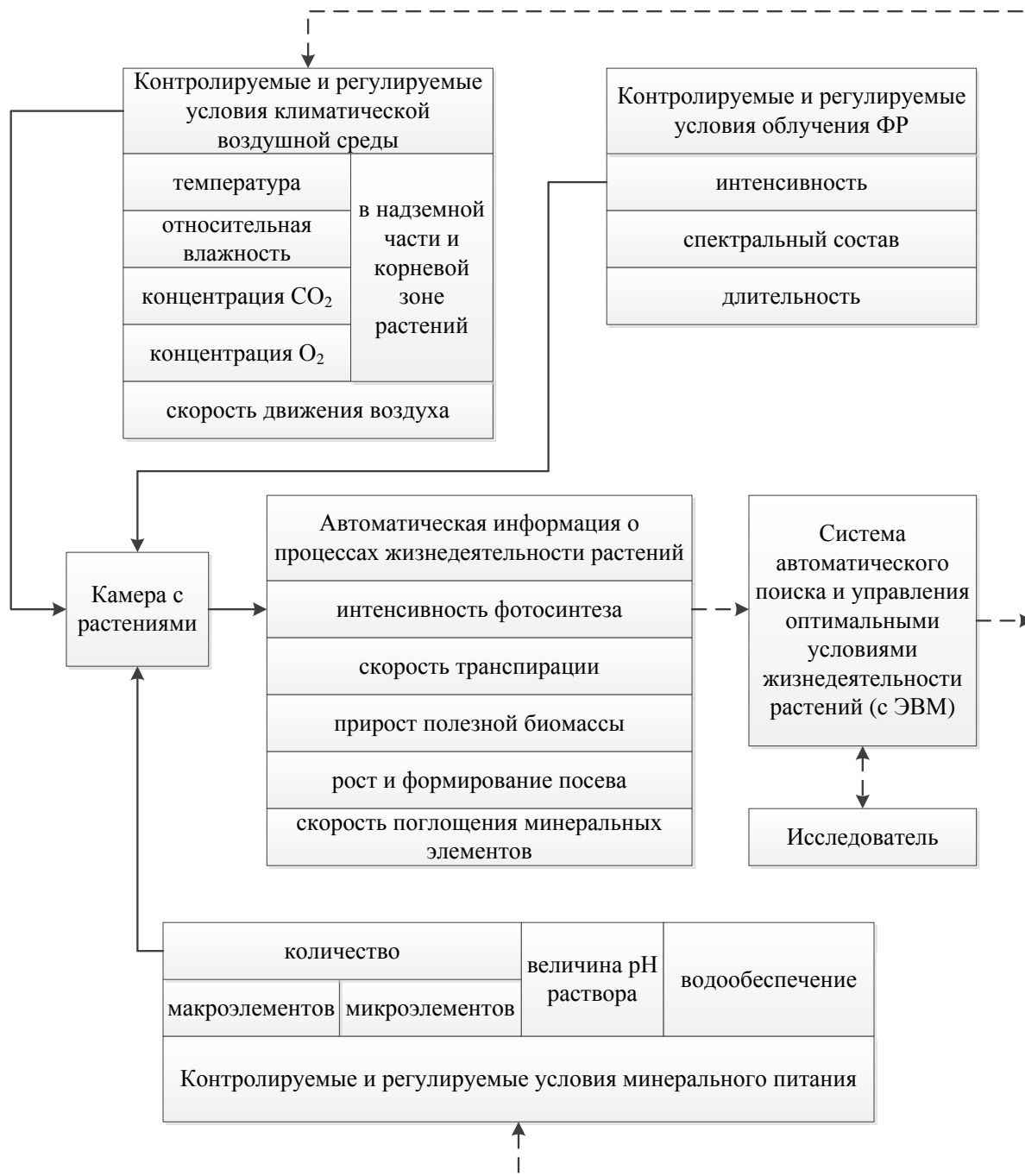


Рис.5. Информационные возможности применения ВКУ

Вся первичная информация о состоянии факторов среды и физиологических процессах в растениях считывается автоматически системой поиска и управления. Далее она поступает в самонастраивающиеся системы автоматического регулирования и используется для осуществления оперативного поиска многофакторных оптимальных условий культивирования растений и их посевов. Следует ожидать, что подобные установки для управляемого культивирования растений в искусственных условиях среды станут прототипами устройств, которые обеспечат новую биотехнологию промышленного высокопродуктивного сельского хозяйства.

**Выводы.** Пример применения метода бизнес-инжиниринга при разработке и внедрении в практику научных исследований ВКУ и их информационных возможностей свидетельствует, что развитие предметной области инжиниринга (энергоинжиниринга) должно происходить в направлении от решения частных задач к комплексному

энергоинжинирингу, а развитие энергетического бизнеса – от торговли отдельными услугами к торговле моделями и технологиями (способами) их воплощения в реальные объекты.

Представленная в статье методология бизнес-инжиниринга позволяет:

- четко и полно описывать каждую бизнес-модель, составляющую процесс бизнес-инжиниринга;
- получить общую функциональную зависимость для оценки эффективности бизнес-инжиниринга в сфере создания и эксплуатации электротехнологических систем;
- на предложенном примере показать возможность в рамках бизнес-инжиниринга производить серьезные комплексные научные исследования сложных электротехнологических объектов.

### Литература

1. **Беззубцева М.М., Гулин С.В., Пиркин А.Г.** Менеджмент и инжиниринг в энергетической сфере агропромышленного комплекса: учебное пособие. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – 152 с.
2. **Теланов Ю.Ф., Федоров И.Г.** Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. – М.: Юнити-Дана, 2015. – 207 с.
3. **Гулин С.В., Пиркин А.Г.** Маркетинговые исследования основных этапов энергоинжиниринга // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №2 (47) – С.309-314.
4. **Точилкина Т.Е.** Практикум по бизнес-инжинирингу // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2014. – №12 [Электронный ресурс]. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2014/12/69> (дата обращения: 28.01.19).
5. **Рождественский В.И., Клешнин А.Ф.** Управляемое культивирование растений в искусственной среде. – М.: Наука, 1980. – 199 с.

### Literatura

1. **Bezzubceva M.M., Gulin S.V., Pirkin A.G.** Menedzhment i inzhiniring v ehnergeticheskoy sfere agropromyshlennogo kompleksa: uchebnoe posobie. – SPb.: SPbGAU, 2016. – 152 s.
2. **Telanov YU.F., Fedorov I.G.** Inzhiniring predpriyatiya i upravlenie biznes- processami. – M.: YUniti-Dana, 2015. – 207 s.
3. **Gulin S.V., Pirkin A.G.** Marketingovye issledovaniya osnovnyh ehtapov ehnergoinzhiniringa // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №2 (47) –S.309-314.
4. **Tochilkina T.E.** Praktikum po biznes-inzhiniringu // EHkonomika i menedzhment innovacionnyh tekhnologij. – 2014. – №12 [Ehlektronnyj resurs]. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2014/12/69> (data obrashcheniya: 28.01.19).
5. **Rozhdestvenskij V.I., Kleshnin A.F.** Upravlyаемое kul'tivirovanie rastenij v iskusstvennoj srede. – M.: Nauka, 1980. – 199 s.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Развитие идей энергосбережения в России, как и во всем мире, тесно связано с экономическими кризисами. Более 20 лет прошло с начала процесса формирования механизмов государственной политики в области энергосбережения РФ.

Основными направлениями реализации идей энергосбережения являются:

- технические мероприятия;
- организационные мероприятия.

Отсутствие, несовершенство (устаревание) правовых, нормативно-технических баз количественных и качественных параметров электроэнергии, электрооборудования (в том числе осветительного оборудования) являются одной из главных причин низкой энергоэффективности.

Пересмотрев и разработав нормативно-техническую базу количественных параметров осветительных приборов, можно повысить качество освещения, снизить энергоемкость осветительных установок (далее ОУ), производственный травматизм, повысить производительность труда, сократить потери.

Для совершенствования нормативно-технической базы количественных параметров освещения необходимо провести исследования в области методологии расчетов систем освещения, определения коэффициентов запаса, влияния коэффициента запаса на технические характеристики ОУ [1].

**Целью исследования** является анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры ОУ на примере расчета внутреннего освещения телятника светодиодными световыми приборами.

Для достижения поставленной цели следует решить ряд задач, таких как анализ нормативно-технической базы количественных параметров световых приборов сельхозпредприятий и организаций, анализ влияния коэффициента запаса на расчет количественных параметров общего внутреннего светодиодного освещения.

В ходе исследования были выстроены функциональные зависимости:

- энергоэффективности светодиодной установки от значения коэффициента запаса;
- нагрузки на электрическую сеть от значения коэффициента запаса;
- показателей освещенности от значения коэффициента запаса;
- количества светодиодных источников света от значения коэффициента запаса.

Проведенное исследование имеет большую практическую значимость, так как выявило влияние коэффициента запаса на параметры ОУ (снижение потерь электроэнергии, повышение качества освещения и др.).

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для проведения исследования был произведен расчет освещения выбранного объекта тремя методами, что позволило провести анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры искусственного освещения.

Исследования выполнялись для следующих видов освещения:

- общего освещения;
- аварийного освещения;
- эвакуационного освещения [2].

При расчёте вышеуказанных видов освещения применялись различные способы и методы расчета: точечный метод, метод коэффициента использования светового потока, метод удельной мощности.

Анализ проведенного исследования проводился на основании светотехнического проекта ОУ небольшого фермерского предприятия (телятника) тремя методами.

1. Метод коэффициента использования светового потока. Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения поверхностей без крупных затеняющих предметов. Данный метод учитывает и прямой, и отраженный свет (Кнорринг, 1992).

2. Точечный метод. Точечный метод позволяет определить освещенность в любой точке на рабочей поверхности, как угодно расположенной в пространстве (горизонтально, вертикально и наклонно). Точечный метод применяют, когда невозможно применить другой метод расчета (локализованное и наружное освещение). Точечный метод также применяется в качестве проверочного расчета, когда необходимо оценить фактическое распределение освещенности на освещаемой поверхности [2].

3. Метод удельной мощности. Метод удельной мощности считается разновидностью метода коэффициента использования, в упрощенной форме допускается применение методики на всех стадиях проектирования вместо полного светотехнического расчета. Удельная мощность ( $W$ ) – это отношение общей мощности ламп, установленных в помещении, к площади помещения ( $Вт/м^2$ ) [2].

В качестве объекта исследования выступает система *внутреннего искусственного освещения*, предмет исследования – *коэффициент запаса*.

Процесс теоретических и расчетно-практических исследований нацелен на определение влияния коэффициента запаса, на количественные показатели внутреннего освещения. Для расчета была составлена линейка значений коэффициентов (табл. 1). Коэффициента запаса ( $k_{зап}$ ) учитывает уменьшение светового потока ( $\Phi$ , лм) (Кнорринг, 1992).

Таблица 1. **Задаваемые параметры коэффициентов**

Коэффициент	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$K_{зап}$	1,3*	1,15*	1,1*	1,09	1,08	1,06

– \* Значение коэффициентов согласно ОСН-АПК 2.10.24.-001-04 [3] и рекомендации производителей СП

Выбор световых приборов. В РФ в последние годы LED-освещение стали активно использовать в промышленности, в сельском хозяйстве и т.п.

Для общего освещения основных помещений телятника, где содержатся животные, проанализировав технические характеристики светодиодных светильников, были выбраны световые приборы (СП) и источники света (ИС) ДСП44 Flagman [4, 5, 6]. СП данного типа предназначены для общего освещения помещений с повышенным содержанием пыли и влаги, складских помещений, морозильных камер, сельскохозяйственных помещений, мастерских и т.п. Для эвакуационного освещения был выбран подвесной светодиодный светильник ДБ069 Pluton [4, 5, 6].

*Исследование влияния коэффициента запаса на расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.* Количество СП для каждого помещения, согласно методике, определяем по формуле (Кнорринг, 1992):

$$N_{свi} = \frac{E_{нормi} \times S_i \times Z \times K_{зап}}{\Phi_{сгi} \times \eta_i \times n_{ли}}, \quad (1)$$

где  $n_{ли}$  - количество ИС в СП.

Как видно из формулы (1), количество СП зависит от значения  $k_{зап}$ . Приведем сравнительный анализ зависимости количеств СП в трех помещениях при различных коэффициентах запаса (табл. 2).

Таблица 2. Количество СП при различных коэффициентах

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$K_{зап}$	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
Количество СП, $N_{св}$						
№1	12,23	11	9,9	9,63	9,28	8,67
№2	16,07	14	13	12,66	12,19	11,4
№3	15	13	12,16	11,83	11,4	10,68

Исследование влияния коэффициента запаса на расчет общего освещения методом удельной мощности. Т.к. значения удельной активной мощности  $W$ , Вт/м<sup>2</sup> для светодиодных СП отсутствуют, определяем значения удельной мощности по формуле [2]:

$$W = \frac{E \times K_{зап} \times Z}{\eta \cdot \eta}, \tag{2}$$

где  $\eta = \Phi / P_{л} = 1650 / 22 = 75$  лм/Вт – световая отдача.

Из светотехнической ведомости (табл. 3) можно сделать вывод, что от численного значения коэффициента запаса зависит значение удельной мощности.

Таблица 3. Светотехническая ведомость

$K_{зап}$	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
$S$ , м <sup>2</sup>	916,2	916,2	916,2	916,2	916,2	916,2
$E_{норм}$ , лк	75	75	75	75	75	75
$W_i$ , Вт/м <sup>2</sup>	2,373	2,00	1,921	1,869	1,800	1,682
$P_{уст}$ , мощность установки, кВт	2,174	1,832	1,760	1,712	1,649	1,541
$P_{св}$ , кВт, мощность СП	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$N$ , шт, количество СП	49,41	41,64	40,00	38,91	37,48	35,02

Из данных табл. 3 видно, что снижение числа СП в 1,41 раза, сокращение величины потребляемой мощности на 29% в зависимости от значений коэффициента ( $K_{зап}$ ). Величина коэффициента запаса напрямую влияет на расчет количества СП *методом удельной мощности, методом коэффициента использования светового потока*. Сравнительный анализ количества СП двумя методами приведен на диаграмме (рис. 1).

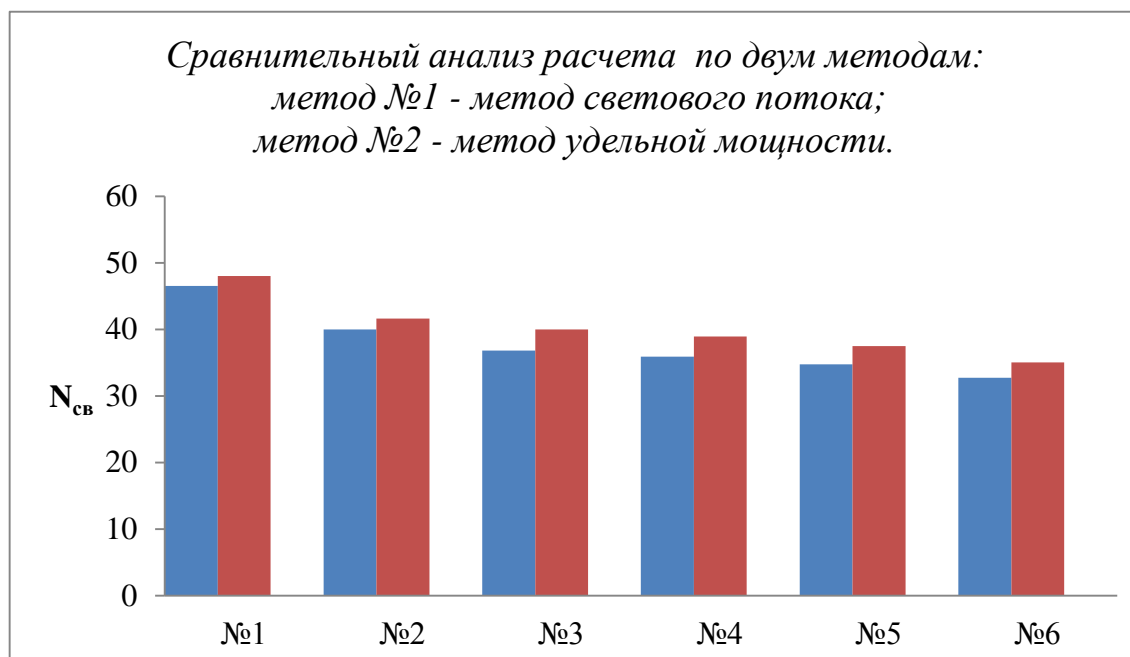
Исследование влияния коэффициента запаса ( $K_{зап}$ ) на расчет освещения точечным методом. При определении условной горизонтальной освещенности  $E'_{ГAi}$ , лк используем формулу [3]:

$$E'_{ГAi} = \frac{I_{\alpha i} \times \cos^3 \alpha_i}{H_{расч.}^2 \times K_{зап}}. \tag{3}$$

После определения условной освещенности определяем освещенность ( $E$ , лк) в абсолютных единицах и процентах (табл. 4).

Таблица 4. Показатели освещенности

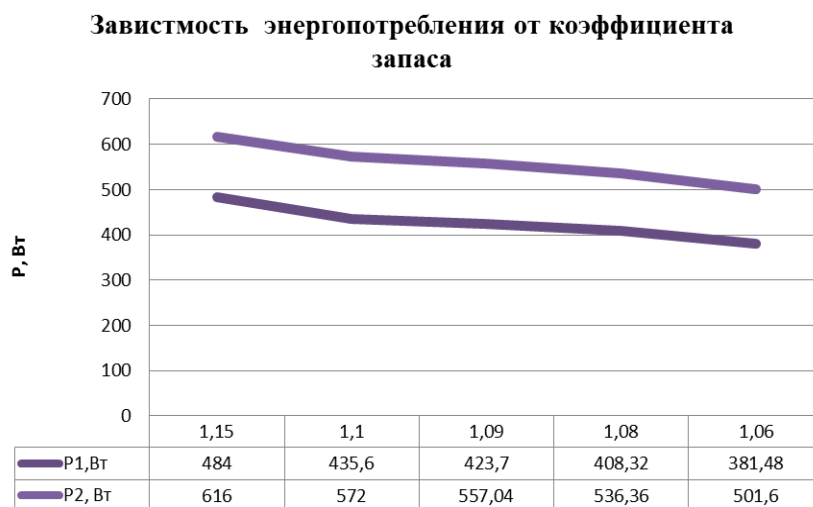
$K_{зап}$	№1	№2	№3	№4	№5	№6
	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
Освещенность, $E_{ГA}$ , лк						
Помещение №X	4,096	4,63	4,84	4,884	4,930	5,023
	8,19	8,72%	9,68	9,77	9,86	10,05

Рис. 1. Диаграмма зависимости количества СП от величины коэффициента  $K_{\text{зап}}$ 

**Результаты исследования.** Проведённые исследования наглядно демонстрируют влияние коэффициента запаса на параметры ОУ. На сегодняшний день четких рекомендаций по этому коэффициенту для светодиодных ИС не существует. Многие отечественные и зарубежные производители СП предлагают принимать  $K_{\text{зап}}$ , равным единице, без обоснований и исследований. В нормативной документации значений  $K_{\text{зап}}$  по светодиодным СП нет.

При рассмотрении методов расчета освещения было выявлено влияние  $K_{\text{зап}}$  на количественные параметры ОУ (количество СП, освещённость, потребление электроэнергии, коэффициент пульсации) в трех методах.

Расчет точечным методом системы аварийного освещения показал, что при уменьшении значения коэффициента запаса, увеличивается освещённость на 1,33%. Зависимость энергопотребления от  $K_{\text{зап}}$  (рис. 2).

Рис. 2. Зависимость  $P=f(K_{\text{зап}})$ 

Из диаграммы (рис. 2) и данных (табл. 3 и 4) можно сделать вывод, что экономия электроэнергии составит от 23% до 30%.

**Выводы.** Для достижения цели исследования были проанализированы нормативно-технические базы количественных параметров световых приборов сельскохозяйственных предприятий и организаций, составлен алгоритм расчета количественных параметров общего внутреннего светодиодного освещения.

В результате исследования получены функциональные зависимости светотехнических параметров от различных значений коэффициента запаса.

На основании исследования предлагается разработать универсальную таблицу коэффициентов запаса по научно-экспериментальным данным.

Практическая значимость исследования и анализ трех методик расчета ОУ выражается в виде совершенствования (разработки) коэффициента запаса светодиодных светильников с целью снижения потерь электроэнергии, повышения качества искусственного освещения.

### Литература

1. Беззубцева М.М., Карпов В.Н., Волков В.С. Обеспечение безопасности сельских регионов путем мониторинга энергетических систем и совершенствования технических средств: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 265 с.
2. **Справочная книга по светотехнике** / Под ред. Ю. Б. Айзенберга; 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
3. **ОСН-АПК 2.10.24.-001-04** «Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений».
4. **Каталог продукции «АСТЗ» 2015** - 302 с.
5. **ГОСТ Р МЭК 60598-1-2003** Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
6. **ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99** Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения.

### Literatura

1. **Bezzubceva M.M., Karpov V.N., Volkov V.S.** Obespechenie bezopasnosti sel'skih regionov putem monitoringa ehnergeticheskikh sistem i sovershenstvovaniya tekhnicheskikh sredstv: monografiya. – SPb.: SPbGAU, 2009. – 265 s.
2. **Spravochnaya kniga po svetotekhnike** / Pod red. YU. B. Ajzenberga; 3-e izd. pererab. i dop. – M.: Znak, 2006. – 972 s.
3. **OSN-APK 2.10.24.-001-04** «Normy osveshcheniya sel'skohozyajstvennyh predpriyatij, zdaniy, sooruzhenij».
4. **Katalog produkcii «ASTZ» 2015** – 302 s.
5. **GOST R MIEHK 60598-1-2003** Svetil'niki. CHast' 1. Obshchie trebovaniya i metody ispytaniy.
6. **GOST R MIEHK 60598-2-22-99** Svetil'niki. CHast' 2-22. CHastnye trebovaniya. Svetil'niki dlya avariynogo osveshcheniya.



УДК 628.979:581.035

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11168

Доктор техн. наук **С.А. РАКУТЬКО**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, sergej1964@yandex.ru)Соискатель **Е.Н. РАКУТЬКО**  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, elena.rakutko@mail.ru)

## **ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧНОСТЬ СВЕТОКУЛЬТУРЫ**

Для круглогодичного получения урожая в странах и регионах с неблагоприятным климатом широко применяют теплицы – культивационные сооружения, в которых все экологические факторы строго контролируются. В дополнение к естественному солнечному излучению используют излучение от искусственных источников, а в некоторых случаях выращивание производят только на искусственном облучении (ситифермы, гроу-боксы, фито-стены).

Важность проблем повышения энергоэффективности и ресурсоотдачи, энергосбережения и улучшения экологической обстановки сегодня неоспорима [1]. Современное тепличное производство является энерго- и ресурсоемким, характеризуется высоким потреблением энергии, питательных веществ и технических средств выращивания растений. Энергоэффективное производство требует внедрения современных специальных энергоэкологических технологий [2]. Формирующие полезную продукцию в светокультуре живые растения требуют оптимального сочетания экологических факторов. Среди различных факторов воздействия на растения свет занимает особое место. Изменение условий освещения (интенсивности, продолжительности, периодичности, а особенно – спектрального состава) оказывает различное влияние на рост и развитие растений [3].

Для разработки теории и практики управления светокulturой необходимо наличие математических моделей продукционного процесса растений, прежде всего, роста, развития и фотосинтетической деятельности. Математическая модель есть абстракция реального объекта, и ее целью является изучение и анализ поведения системы под влиянием различных условий [4]. Модель конкретной культуры представляет собой набор математических выражений, связывающих между собой отдельные переменные (например, влияние на накопление биомассы процессов фотосинтеза и транспирации). Таким образом, математическое моделирование культуры представляет собой способ количественного описания процессов, протекающих в растении, и представляет собой часть биотехнологии, несущей свой вклад в решение проблемы совершенствования сельского хозяйства, увеличения производства продуктов питания и повышения их качества на основе экологически устойчивого развития.

По своей природе показатели роста являются интегральными и характеризуют влияние внешних факторов на состояние растения. Отражением процесса роста растения являются биометрические показатели, которые достаточно просто фиксировать во времени. Полученные данные могут быть использованы при разработке алгоритмов управления продуктивностью растений.

Все многообразие моделей, разработанных для различных культур, можно свести к двум большим группам: функциональные (mechanistic) и описательные (descriptive) модели. Функциональные модели основаны на учете биологических принципов и предусматривают разбиение системы на компоненты, которые моделируются отдельно. В их основе лежат установленные взаимосвязи между воздействием на растение и его откликом. Описательные модели не рассматривают механизмы, лежащие в основе функционирования системы [5]. Тем не менее такие модели достаточно востребованы в практике культивирования растений. Эмпирический метод связан с осмысливанием экспериментальных данных и подбором наиболее подходящих (обычно простых) формул или системы уравнений для их адекватного описания. Такой способ количественного обобщения и аппроксимации экспериментальных данных часто позволяет понять механизмы, ответственные за реакцию растения [6].

**Цель исследования** – обоснование энергоэкологического подхода к моделированию параметров внутренней среды теплицы и выявление влияния спектрального состава излучения на энергоэкологичность светокультуры.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Объект исследования – растения, выращиваемые в условиях светокультуры. Предмет исследования – закономерности формирования потоков вещества и энергии в светокультуре. Теоретические основы исследования основаны на энергоэкологии светокультуры (ЭЭС) как новом комплексном научном направлении [7].

Традиционный подход в исследованиях по светокультуре заключается, прежде всего, в нахождении реакции определенных показателей растения (биомассы, высоты стебля и т.д.) на изменения условий окружающей среды. Энергетическое и сигнальное воздействие в светокультуре на растения осуществляется оптическим излучением. Влияние энергии излучения в отдельных спектральных диапазонах на рост и развитие различных видов растений достаточно хорошо изучено. Менее исследовано комплексное влияние параметров световой среды и других факторов выращивания растений в искусственных условиях на энергоэффективность и экологичность светокультуры.

Повышение энергоэкологичности тепличного производства является важной задачей, к решению которой существуют значительные финансовые стимулы. Оптимизация процесса получения продукции растениеводства в условиях светокультуры подразумевает снижение нерационального расхода потоков используемых субстанций (вещества и энергии) на различных стадиях технологического процесса. В силу различной природы процессов, протекающих в различных технологических установках, в настоящее время отсутствует единый подход к анализу и оптимизации экологичности и энергоэффективности светокультуры.

Объект исследования ЭЭС как нового научного направления – искусственная биоэнергетическая система светокультуры (ИБЭСС), т.е. совокупность биологических организмов (растений) и технологического оборудования (облучательные установки, устройства обеспечения параметров микроклимата и питания растений) в культивационном сооружении (теплице, сити-ферме, фитоустановке). Математическое описание закономерностей переноса субстанции в продукционном процессе светокультуры производится на основе иерархической модели ИБЭСС. При этом системным интегративным критерием оптимальности является энергоэкологичность.

Предметом изучения ЭЭС являются закономерности преобразования потоков вещества и энергии в ИБЭСС, которые определяют как энергоэффективность получения урожая (задача энергосбережения), так и повышение качества продукции, снижения количества нитратов, влияния на окружающую среду (обеспечения экологичности).

ЭЭС как научное направление расположено на стыке традиционных наук: 1) энергетических и технических дисциплин, в рамках которых рассматриваются физические принципы, вопросы конструирования и эксплуатации источников света, облучательного и другого оборудования с обеспечением энергосберегающих технических решений; 2) физиологии растений, в ее важном разделе изучения зависимости интенсивности и продуктивности фотосинтеза от экологических факторов, прежде всего, оптического излучения, которое определяет количественные и качественные параметры фотосинтеза на всех уровнях его формирования – организменном, органном, тканевом, клеточном и молекулярном, а также способов адаптации растений к условиям среды; 3) экологии, важнейшей концепцией которой является идея о структуре и направленности потоков субстанции в живых системах, организованных в надорганизменные системы различных уровней: популяций, биоценозов, а также взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой (рис. 1).

В силу особенностей растения как биологического объекта получение в результате его выращивания конечной продукции с заданными свойствами является циклическим процессом, который начинается с прорастания семени и заканчивается сбором полезной продукции (плодов, зелени).

В общем случае, создаваемые техническими средствами ИБЭСС параметры среды в культивационном сооружении могут быть различны на различных этапах роста и развития растения. Тогда можно говорить о некоторой «траектории» изменения ИБЭСС в  $n$ -мерном пространстве состояния, которая соединяет ее начальные и конечные точки. Осями координат являются частные показатели энергоэкологичности (рис. 2).

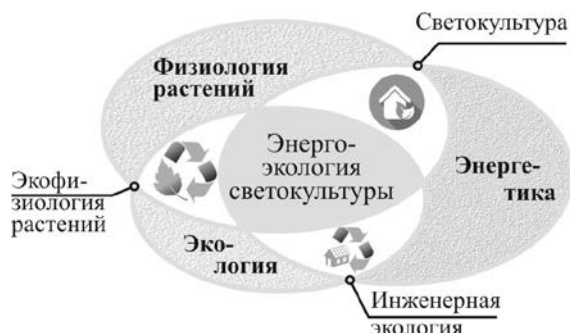


Рис. 1. Место ЭЭС среди других научных направлений

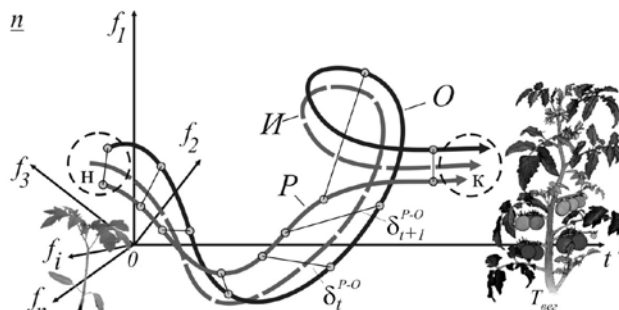


Рис. 2. Траектории развития растения в  $n$ -мерном пространстве состояния

Идеальной ( $I$ ) является такая траектория в  $(n+1)$  – мерном пространстве состояния (с учетом координаты времени), при которой достигается наиболее полная реализация генетического потенциала растения, его сортовых возможностей, при условии обеспечения экологичности и энергоэффективности технологического процесса светокультуры. В силу ряда объективных причин этот вариант может быть и не достижимым в практике. Оптимальной траектории ( $O$ ) следует ожидать в условиях применения наилучших доступных технологий светокультуры (НДТС). Такие технологии производства продукции растениеводства в контролируемых условиях выбираются для конкретных условий и требований из достигнутого уровня науки, техники и технологий по критерию минимальных удельных энергетических затрат и воздействия на окружающую среду при условии обеспечения экологически чистой конечной продукции. В реальном культивационном сооружении в силу ряда причин (несовершенство технологического процесса, несоблюдение режимов работы оборудования, сбой в подсистемах ИБЭСС) возможны существенные отклонения траектории развития (кривая  $P$  на рис.2).

Количественная оценка свойства энергоэкологичности должна характеризовать близость принятой технологии к НДТС. Степень близости может быть оценена по нормированному евклидовому расстоянию между двумя траекториями для сравниваемых условий ( $P$ ) и для условий НДТС ( $O$ )

$$K_{\text{ЭЭ}} = \frac{1}{T_{\text{вез}}} \int_0^{T_{\text{вез}}} \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{f_i^P(t) - f_i^O(t)}{f_i^O(t)} \right)^2} dt, \quad (1)$$

где  $T_{\text{вез}}$  – оцениваемый период времени,  $f_i^P(t)$  и  $f_i^O(t)$  – функциональные зависимости  $i$  – го параметра от времени соответственно для реальной ( $P$ ) и оптимальной ( $O$ ) технологий,  $w_i$  – весовой коэффициент значимости  $i$ -го параметра.

Для экспериментальных исследований использовали растения томата (*Solanum Lycopersicum L.*) сорт Полонез  $F_1$ . В настоящее время томат является одной из основных овощных культур во всем мире. Посев семян в общем количестве 220 шт. производили 11.05.2018 г. в контейнеры с почвенным субстратом, которые затем покрыли пленкой и поместили в комнату при температуре воздуха  $+27$  °C и влажностью 72%. Первые единичные всходы появились 14.05.2018. Под круглосуточное освещение (ДНаЗ 400) растения выставлены 15.05.2018, после появления массовых всходов. С этого момента отсчитывали возраст растения.

Фотопериод 16 ч. был установлен 18.05.2018. На 10-й день после всходов, в фазе второго настоящего листа сеянцы распикированы в контейнеры объемом 1 л с торфогрунтом, состоящим из 1 ч субстрата и 2 ч торфа. На 14-й день контейнеры перенесли под облучательные установки. Производили необходимый полив и подкормки. На 20-й день появился третий настоящий лист. Измерения биометрических параметров производили сериями: первую серию – 05.06.2018 (на 22-й день), вторую – 13.06.2018 (на 30-й день), третью – 21.06.2018 (на 38-й день), четвертую – 29.06.2018 (на 46-й день).

Сравнительный эксперимент проводили в лабораторном помещении с размещенным в нем оборудованием для обеспечения условий выращивания растений: системы кондиционирования воздуха, электровентиляторов, испарителя воды, комбинированного датчика параметров микроклимата, щита управления и облучателей.

Помещение было разделено на две зоны светонепроницаемыми экранами из белой полиэтиленовой пленки. Неравномерность облученности в зонах, характеризуемая коэффициентом минимальной освещенности  $z = E_{max}/E_{cp}$ , составляла не более 10%.

В первой зоне использовали облучатель, состоящий из люминесцентных ламп типа OSRAM L58W/840 LUMILUX Cool White и OSRAM L58W/77 FLUORA, по 8 штук каждой, смонтированных на одном каркасе с чередованием. Во второй зоне использовали такой же облучатель с добавлением РСВ светодиодов Star с длинами волн 630 и 735 нм (по 40 шт. каждой). Спектральная плотность фотонной облученности (photosynthetic photon flux density, PPFД) была измерена прибором ТКА ВД/04 и показана на рис. 3.

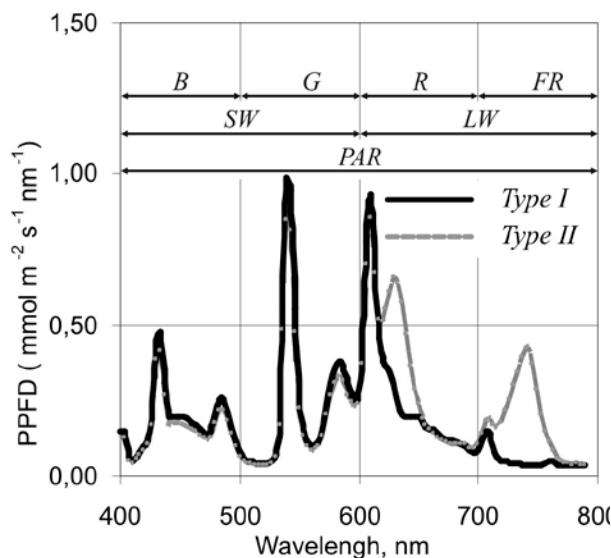


Рис. 3. Спектральная плотность потока источников



Рис. 4. Внешний вид растений томата

Спектр излучения представляет собой набор чисел, характеризующий интенсивность излучения в отдельных спектральных интервалах, и его сложно характеризовать одним показателем. В данном исследовании использован следующий подход. Поток излучения в синем (B) и зеленом (G) диапазонах суммарно считали как поток коротковолнового диапазона (short-wavelength, SW) ФАР. Поток излучения в красном (R) и дальнекрасном (FR) диапазонах суммарно считали как поток длинноволнового диапазона (long-wavelength, LW) ФАР. Использован коэффициент, характеризующий долю энергии длинноволнового излучения в общем потоке излучения:

$$K_{LW} = \frac{\Phi_{LW}}{\Phi_{SW} + \Phi_{LW}} \quad (2)$$

Этой величиной характеризовали тип спектра в вариантах эксперимента: тип I – спектр с меньшей долей энергии длинноволнового излучения ( $K_{LW} = 0,37$ ); тип II – спектр с

большой долей энергии длинноволнового излучения ( $K_{LW}=0,5$ ). Для изменения качественного состава излучения использовали дополнительный поток от светодиодов, которыми увеличивали значение  $K_{LW}$ .

Для обеспечения одинакового уровня фотонной облученности ( $140 \text{ мкмоль}\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{м}^{-2}$ ) высоту подвеса облучателей устанавливали различными (0,38 м для спектра тип I и 0,71 м – для спектра тип II). Освещенность в зонах выращивания растений при этом составляла 11,9 кЛк и 9,7 кЛк соответственно. В силу различия освещенностей экспериментальные растения под спектром типа I зрительно выглядели более освещенными.

В сериях измерений на различный день после появления всходов (ДППВ) определяли основные биометрические параметры растений томата: 1) диаметр шейки стебля  $D$ , 2) количество листьев  $N$ , 3) высоту гипокотыля  $H$ , 4) сырую массу растения  $M$ , 5) площадь листовой поверхности  $S$ , 6) содержание сухого вещества  $V$ .

Для обоих типов спектра находили свои наборы коэффициентов в аппроксимирующих выражениях. Величину энергоэкологичности светокультуры оценивали коэффициентом  $K_{ЭЭ}$ , который характеризует близость принятой технологии выращивания к НДТ светокультуры.

**Результаты исследования.** По результатам экспертных оценок, более благоприятным для растений является спектр типа I, с меньшей долей LW излучения. Растения под ним были более крепкими и в большей степени соответствовали стандартам качества, предъявляемым к рассаде (рис. 4). Растения под спектром с большим значением  $K_{LW}$  имеют большую высоту и сырую массу, но меньшую площадь листьев. Не выявлено статистически значимых различий этих параметров у растений под различным спектром. На конец эксперимента у растений под излучением с меньшим  $K_{LW}$  наблюдалось большее содержание сухого вещества.

Выражения для динамики диаметра стебля  $D$ , мм, под спектром соответствующего типа на различный ДППВ:

$$D_I = 10,686(1 - e^{-0,11(T-19,027)}), \quad D_{II} = 10,806(1 - e^{-0,11(T-19,034)}).$$

Выражения для динамики количества листьев  $N$ , шт.:

$$N_I = 6,984(1 - e^{-0,161(T-15,724)}), \quad N_{II} = 7,594(1 - e^{-0,098(T-12,355)}).$$

Выражения для динамики высоты гипокотыля  $H$ , см:

$$H_I = 5,296 + 50,345e^{-e^{-0,098(T-32,684)}}, \quad H_{II} = 5,008 + 89,360e^{-e^{-0,100(T-31,865)}}.$$

Выражения для динамики величины сырой массы  $M$ , г:

$$M_I = -0,674 + 117,900e^{-e^{-0,077(T-37,707)}}, \quad M_{II} = -0,674 + 101,137e^{-e^{-0,096(T-34,126)}}.$$

Выражения для динамики площади листьев  $S$ , см<sup>2</sup>:

$$S_I = -28,304 + 3772,168e^{-e^{-0,075(T-38,072)}}, \quad S_{II} = -37,576 + 3366,178e^{-e^{-0,080(T-36,783)}}.$$

Выражения для динамики содержания сухого вещества  $V$ , г:

$$v_I = 0,022T^2 - 1,287T + 26,337, \quad v_{II} = 0,013T^2 - 0,755T + 17,823.$$

Аналогичным образом была аппроксимирована траектория изменения биометрических показателей для оптимальных условий, построенная по экспертным оценкам, исходя из желаемых значений отдельных биометрических параметров на заданный момент времени.

Значения коэффициента энергоэкологичности, вычисленные по формуле 1, составляют  $K_{ЭЭ}=0,22$  отн.ед. для спектра типа I и  $K_{ЭЭ}=0,38$  отн.ед. для спектра типа II.

Таким образом, значение коэффициента, характеризующего близость траекторий развития светокультуры, увеличивается при увеличении доли длинноволнового излучения. В содержательной трактовке это означает, что при этом происходят большие отклонения траектории развития растений от оптимальной. Известен факт благоприятного действия

коротковолнового (синего) излучения на развитие растений на ранней стадии (рассады). В данном исследовании это является подтверждением нашей концепции о возможности оценки светокультуры с позиции энергоэкологичности.

Свет является важным экологическим фактором, влияющим на рост зеленых растений и производство биомассы. Для светокультуры томата это один из наиболее важных факторов. Недостаточная интенсивность света или его неудовлетворительный спектральный состав ухудшает рост и развитие рассады томата, особенно в период развития первого соцветия, что снижает качество рассады. Известны технические решения, предусматривающие стабилизацию спектрального состава излучения в процессе эксплуатации [8].

В исследовании показано, что для оптимизации светокультуры вполне можно ограничиться использованием достаточно простой модели ИБЭС, в которые не заложено представлений о собственно формировании урожая.

В работе предложен показатель спектрального состава излучения источников как отношение долей энергии в коротковолновом и длинноволновом диапазоне ФАР, который предоставляет возможность количественно охарактеризовать многообразие спектральной информации одним числом.

Произведено математическое описание изменения биометрических показателей растений томата в процессе их роста.

В результате эмпирического подхода на основе экспериментальных данных подобраны подходящие достаточно простые формулы для основных биометрических параметров растений.

Выявлена большая чувствительность биометрических параметров растений от соотношения энергии в длинно- и коротковолновых диапазонах ФАР.

Изменение доли длинноволнового диапазона ФАР с 37% до 50% (на 13%) ведет к существенной разнице практически всех биометрических показателей растений в процессе их выращивания и изменению величины коэффициента энергоэкологичности с 22% до 38% (на 16%).

Полученные данные могут быть использованы для оптимизации процесса выращивания растений путем варьирования параметров облучения, условий окружающей среды и других факторов.

#### **Выводы:**

1. Обоснована необходимость эмпирических моделей роста растения для теории и практики управления светокulturой.
2. Предложен показатель  $K_{LW}$ , который позволяет охарактеризовать спектр излучения источников одним числом.
3. Предложен показатель  $K_{EE}$ , характеризующий близость принятой технологии выращивания к НДТ светокulturы по евклидовому расстоянию между оцениваемыми траекториями изменения биометрических параметров растений во времени.
4. Выявлено существенное различие биометрических параметров растений томата, выращиваемых под излучением с различным значением показателя  $K_{LW}$ . У растений, выращиваемых под излучением с большим значением  $K_{LW}$ , наблюдаются большое количество листьев, высота, диаметр шейки стебля, сырая масса. При этом площадь листьев и содержание сухого вещества было меньше у этих растений.
5. Получены эмпирические модели основных биометрических параметров растения томата.
6. Выявлена зависимость энергоэкологичности светокulturы томата от спектрального состава излучения.

#### **Литература**

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С.8-11.
2. Ракутько С.А. Повышение эффективности использования тепличных облучательных установок на основе аттестации газоразрядных ламп. – СПб., 1992. – 27 с.

3. **Smith, H.** Light quality, photoperception, and plant strategy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1982, 33, 481-518.
4. **Mason, E.G., Dzierzon, H.** Application of modeling to vegetation management. *Can. J. For. Res.*, 2006, 36: 2505-2514.
5. **Medina-Ruiz C. A., Mercado-Luna I. A., Soto-Zarazúa G. M., Torres-Pacheco I. and E. Rico-García.** Mathematical modeling on tomato plants: A review. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6 (33), pp. 6745-6749, 30 December, 2011.
6. **Торнли Дж.Г.М.** Математические модели в физиологии растений. – Киев, 1982. – 312 с.
7. **Ракутько С.А.** Концептуальные основы энергоэкологии светокультуры // *Сельскохозяйственные машины и технологии.* – 2018. – Т.12. – № 6. – С. 38-44.
9. **Патент РФ на №2106778.** – Заявка 94028963/13, 1998. Ракутько С.А., Карпов В.Н., Гулин С.В. Способ упорядоченной компоновки источников оптического излучения системы облечения растений в процессе их выращивания.

### Literatura

1. **Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Sizov O.A.** Perspektivnye puti primeneniya ehnergo- i ehkologicheski ehffektivnyh mashinnyh tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii.* – 2013. – № 4. – С.8-11.
2. **Rakut'ko S.A.** Povyshenie ehffektivnosti ispol'zovaniya teplichnyh obluchatel'nyh ustanovok na osnove attestacii gazorazryadnyh lamp. SPb, 1992. – 27 s.
3. **Smith, H.** Light quality, photoperception, and plant strategy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1982, 33, 481-518.
4. **Mason, E.G., Dzierzon, H.** Application of modeling to vegetation management. *Can. J. For. Res.*, 2006, 36: 2505-2514.
5. **Medina-Ruiz C. A., Mercado-Luna I. A., Soto-Zarazúa G. M., Torres-Pacheco I. and E. Rico-García.** Mathematical modeling on tomato plants: A review. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6 (33), pp. 6745-6749, 30 December, 2011.
6. **Tornli Dzh.G.M.** Matematicheskie modeli v fiziologii rastenij. – Kiev, 1982. – 312 s.
7. **Rakut'ko S.A.** Konceptual'nye osnovy ehnergoehkologii svetokul'tury // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii.* – 2018. – Т.12. – № 6. – С. 38-44.
8. **Patent RF na №2106778.** – Zayavka 94028963/13, 1998. Rakut'ko S.A., Karpov V.N., Gulin S.V. Sposob uporyadochennoj komponovki istochnikov opticheskogo izlucheniya sistemy oblucheniya rastenij v processe ih vyrashchivaniya.

УДК 629.3.082.4:602

DOI 10.24411/2078-1318-2019-11174

Канд. с.-х. наук **П.Н. ТАТАЛЕВ**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, tatalev@mail.ru)  
Ст. преподаватель **Н.В. МАТЮШЕВА**  
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, 79118202213@mail.ru)

## УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ ДЛИННОГАБАРИТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Нередко на предприятиях строительных и транспортных компаний, и особенно в сельскохозяйственном производстве, приходится проводить наружную мойку различных длинномерных транспортных средств, а именно тракторов и автомобилей, после проведения транспортных работ в сложных погодных условиях (грязь на дорогах и полях). Иногда наружная мойка тракторов и автомобилей необходима перед ремонтом или в преддезинфекционных целях. При этом мойка производится струей воды из водопровода [1]. Нередко в это время водитель (тракторист, шофер) находится в кабине и осуществляет передвижение своего транспортного средства для того, чтобы осуществлять мойку в разных

местах по длине. Чаще всего бывает, что трактор или автомобиль стоят на месте, а перемещение струи по длине транспортного средства осуществляет мойщик.

Недостатком этой технологии и применяемых технических средств является то, что водитель (в первом) и мойщик (во втором) случаях находятся в непосредственной близости от подаваемой струи воды. Это является причиной намокания одежды и обуви, что часто становится причиной простудных заболеваний, а нередко и травм из-за падений на скользкой поверхности [1,5].

Не трудно догадаться, что такая технология трудозатратна, так как мойщику приходится держать в руках и перемещать шланг, из которого бьет струя воды.

Кроме того, следует признать, что описанная технология, кроме трудозатратности и вредности для здоровья её исполнителей, еще и нецелесообразна с экологической точки зрения. Ведь использованная вода стекает по поверхности почвы, то есть безвозвратно теряется, а также загрязняет содержащимися в ней маслами, нефтепродуктами и другими включениями почву и нередко загрязняет наружные (наземные) водоисточники: реки, озера и т.п. и, конечно, подземные воды [3].

Отрицательное действие такой технологии усиливается еще и тем, что для мойки используется пресная водопроводная вода. А известно, что одной из проблем, стоящих перед жителями планеты, является обеспечение их водой, пригодной для питания, орошения сельхозугодий, водоснабжения коммунального хозяйства.

Это связано с ростом водопотребления как на различные производственные, так и бытовые нужды в условиях интенсивного роста народонаселения в человеческом обществе [4].

**Цель исследования.** Учитывая вышеизложенное, возникает проблема (задача) исключить нахождение оператора (мойщика) в зоне моющих струй, а также уменьшить расход воды из водопровода. Иными словами, предлагается устройство, решающее поставленную задачу.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для решения поставленной цели необходимо провести патентный поиск аналогов предлагаемого устройства.

В качестве аналогов (патент В60 S3/04, 3/06 патент РФ 2005637) были взяты: установка для мойки автомобилей; установка для мойки транспортного средства (патент В60 S1/00); установка для мойки корпуса непрерывного действия (полезная модель по патенту № 109709 U1 В60 S3/04); установка для мойки автомобилей (по патенту №119307 РФ по МПК В60 S3/04 (2006.01)) [6,7].

**Результаты исследования.** При анализе установки для мойки корпуса непрерывного действия (патент № 109709 U1 В60 S3/04) выявлены следующие недостатки:

1. Конструкция сложна по устройству.
2. Лакокрасочное покрытие транспортного средства подвергается механическому воздействию, что не гарантирует его сохранность.
3. Конструкция не способна осуществлять мойку транспортных средств со сложной внешней конфигурацией и разных по длине.
4. Не обеспечивается мойка всех наружных частей транспортного средства одновременно (сверху, с боков и снизу).

Определено, что наиболее близкой к предлагаемому устройству является установка для мойки автомобилей (полезная модель РФ № 119307 В60 S3/04). Тем не менее и у этой модели выявлены недостатки, которые состоят в следующем:

1. Конструкция сложна.
2. Невозможность мойки днища автомобиля или трактора.
3. Невозможность мойки транспортных средств (тракторы и автомобили) различной длины.

Обе модели предназначены для мойки легковых автомобилей. Исходя из сказанного, поставленная задача решается за счет упрощения конструкции при одновременной очистке (мойке) днища автомобиля (трактора), верхней и боковой части их с уменьшением расхода воды.



Названный технический результат достигается посредством того, что конструктивно установка для мойки выполнена в виде ангара, внутри которого установлено моечное оборудование, а оператор, управляющий мойкой, находится снаружи ангара.

Ангар выполнен в форме сварного каркаса 5 (рис. 1). Установка для мойки автомобилей и тракторов содержит:

Узел несущей подвески, который состоит из двутавровой балки 1, жестко закрепленной с двух сторон на поперечинах каркаса 2, при этом на двутавровой балке 1 в нижней её части закреплена тележка с возможностью горизонтального перемещения через подшипники вращения.

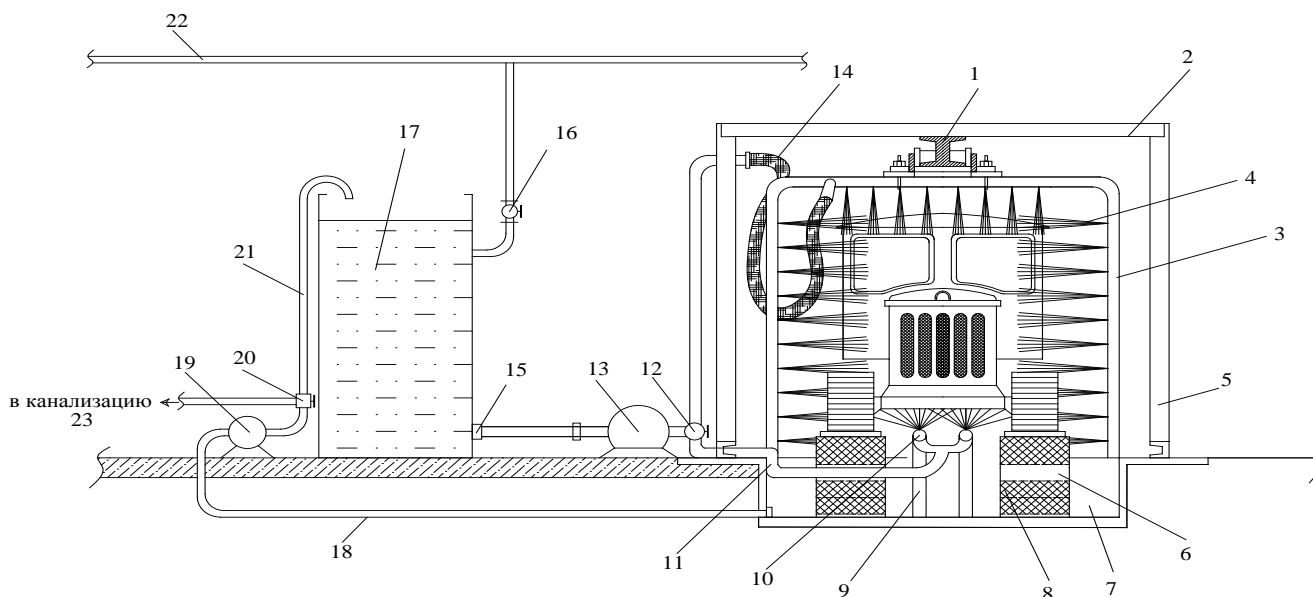


Рис. 1. Схема установки для мойки тракторов и автомобилей:

1 – двутавровая балка, 2 – поперечины каркаса, 3 – П-образная рамка, 4 – сопла, 5 – каркас, 6 – проходное отверстие, 7 – сборная емкость, 8 – бетонная эстакада, 9 – опорные элементы, 10 – трубапроводы с соплами, 11 – трубапровод, 12 – трехходовой кран, 13 – насос, 14 – гофрированный шланг, 15 – трубапровод, 16 – кран, 17 – емкость с водонагревателем, 18 – трубапровод из сборной емкости, 19 – насос, 20 – трехходовой кран, 21 – трубапровод на вторичное использование моющей жидкости, 22 – водопровод, 23 – трубапровод в канализацию

К тележке на двутавровой балке симметрично относительно балки жестко крепится П-образная рамка 3 с соплами 4 (отверстия диаметром 4 мм с расстоянием одно от другого 200 мм). Струи из сопел (отверстий) образуются за счет давления воды, создаваемого насосом 13 через трехходовой кран 12, соединённый гофрированным рукавом 14 с П-образной рамкой 3.

В нижней части ангара установлена бетонная эстакада 8 с проходными отверстиями 6 для выравнивания жидкости в сборной емкости 7. Между колоннами бетонной эстакады установлены опорные элементы 9, на которых установлены трубапроводы с соплами, в которые поступает моющая жидкость по трубапроводу 11 через трехходовой кран 12 от насоса 13. Вода поступает в емкость 17 с водонагревателем (на рисунке не обозначен) из водопровода 18 через кран 16.

Отстоявшаяся после мойки жидкость по трубапроводу 18 из сборной емкости 7 через трехходовой кран 19 при помощи насоса 20 подается в трубапровод 21 для повторного использования или через трубапровод 23 в канализацию.

Передвижение моющей П-образной рамки осуществляется механизмом привода верхнего узла, схема которого с механизмом привода представлена на рис. 2.

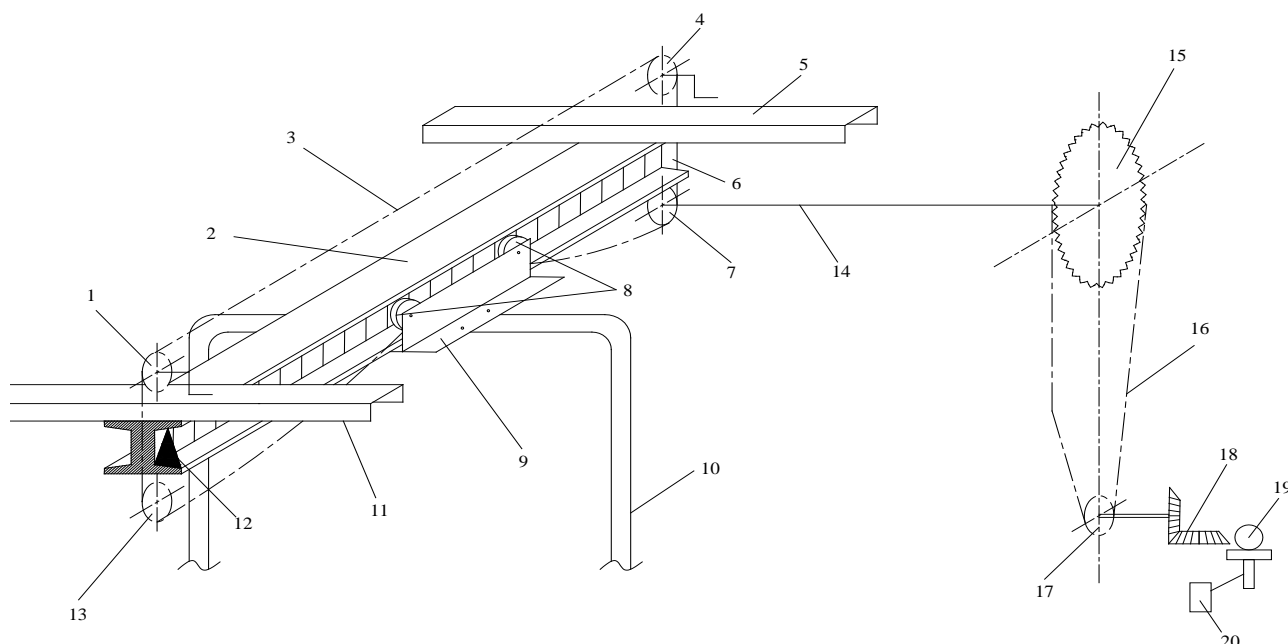


Рис. 2. Схема верхнего узла мойки и механизма привода

С пульта управления, находящегося за пределами каркаса камеры мойки (на рисунке не обозначен), оператор реверсивным магнитным пускателем 20 активизирует работу электродвигателя 19, заставляя его вращаться по ходу или против часовой стрелки (в зависимости от требуемого направления движения рамки), червячным редуктором 18 уменьшается частота вращения звездочки 17, с которой цепью 16 передается вращение на звездочку 15 и через ось 14 передается вращение на звездочку 7, которая цепью 3 передает вращение на звездочки 4, 1, 13. Нижние концы цепи 3 закреплены по краям тележки 9, имеющей возможность перемещаться по продольной балке 2 на шариковых подшипниках 8.

По приближении к любому краю продольной балки движение тележки прекращается из-за срабатывания концевого выключателя 12, которые установлены по обеим сторонам продольной балки 2.

Нахождение механизма привода за пределами ограждения исключает попадание жидкости (воды) на одежду и обувь работника (оператора), выполняющего мойку. Наличие первого трехходового крана 13 (рис.1) обеспечивает, при необходимости, проводить мойку нижней и верхней части транспортного средства одновременно или порознь. Это способствует уменьшению расхода воды, а повторное использование отстоявшейся моющей жидкости дополнительно уменьшает расход воды.

Нижние омывающие трубопроводы 10 (рис.1) имеют возможность к уменьшению размера подачи омываемой жидкости по длине путем перекрытия части сопел, например (на рисунке не показаны), трубами-кольцами с внутренним диаметром, равным внешнему диаметру труб с соплами 10. Это обеспечивает возможность обмывать транспортные средства, значительно отличающиеся друг от друга по длине (например: грузовые, легковые автомобили и трактора). Данное обстоятельство ведет к уменьшению расхода воды на мойку, что в настоящее время является экологически целесообразным.

Установка для мойки автомобилей и тракторов работает следующим образом.

Транспортное средство (автомобиль или трактор) заезжает в бокс на бетонную эстакаду 8. Оператор (мойщик) открывает трехходовой кран 12 для обеспечения подачи моющей жидкости по трубе с рукавом 14 на П-образную подвижную рамку 3 и через трубопровод 11 на трубопроводы с соплами 10 для подачи моющей жидкости в нижнюю часть обмываемого транспортного средства.

На пульте управления оператор включает электропривод насоса 13. Моющая жидкость под давлением подается в сопла подвижной рамки 3 и нижние трубопроводы с соплами 10.

Затем оператор включает электродвигатель 19 через реверсивный магнитный пускатель 20 (рис.2).

Осуществляется движение тележки 9 с рамкой 10 до прихода её к концевому выключателю 12, цепь размыкается.

После отключения электроподдачи оператор включает кнопку обратного хода реверсивным магнитным пускателем 20, чем обеспечивается возвратно-поступательное движение тележки 9 с рамкой 10 на небольшой скорости благодаря червячному редуктору 18 и системы зубово-цепной передачи 15, 16, 17, где звездочка 15 по диаметру и числу зубьев больше звездочки 17. Червячный редуктор 18 работает также на уменьшение вращения звездочки 17.

По окончании мойки отключается подача электропотенциала на все электродвигатели: насос 13 (рис.1), электродвигатель 19 (рис.2). После отстаивания жидкости в сборной емкости 7 (рис.1) перед включением второго насоса 19 открывают второй трехходовой кран 20, что обеспечивает подачу отстоявшейся жидкости по трубопроводу в емкость с водонагревателем 17 или в канализацию 23.

Длительность процесса мойки можно увеличивать или уменьшать (при необходимости).

#### **Выводы.**

1. Предложенная система и оборудование для мойки длинномерных транспортных средств (тракторы, автомобили) выгодно отличается от известных и существующих.
2. Устройство обеспечивает улучшение условий и безопасности труда работника, занятого на этом виде трудовых операций.
3. Предложенная компоновка стандартного оборудования позволяет производить мойку различных по длине транспортных средств.
4. Предложенная установка проста по устройству, так как не требует разработки нового сложного оборудования.

#### **Литература**

1. **Информационный портал** «Экология-учебные материалы», Антропогенное воздействие на гидросферу и её защита [Электронный ресурс]. М., 2013-2016. – Режим доступа: <http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=397>, свободный, (дата обращения: 11.02.2019).
2. **Круглик Л.В., Сычев А.Г.** Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта. – М.: Изд-во «Интра», 2013. – С. 99-101.
3. **Марфенин Н.Н.** Экология. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – С. 154-156.
4. **Полищук О.Н.** Основы экологии и природопользования. – СПб. [и др.]: Изд-во ООО «Перспектив науки», 2011. – 97 с.
5. **Феоктистова Т.Г., Феоктистова О.Г. Наумова Т.В.** Производственная санитария и гигиена труда: уч.пособие. – М.: Изд-во «Интра-М», 2014. – 46 с.
6. **Полезная модель к патенту № 119307** Российская Федерация, МПК В 60S 3/04 (2006.01) Установка для мойки автомобилей / Витлин Михаил Геннадьевич; заявитель и патентообладатель: Витлин Михаил Геннадьевич. – 2011139254/11; заявл. 26.09.2011; опубл. 20.08.2012. – 4 с: 3 ил.
7. **Полезная модель к патенту № 109709** Российская Федерация, МПК В 60S 3/04 (2006.01) Установка для мойки корпуса фильтра непрерывного действия / Лысенко Иван Васильевич и др.; заявитель и патентообладатель: Открытое акционерное общество "Российские железные дороги". – 2011103369/11; заявл. 21.01.2011; опубл. 27.10.2011. – 1 с: 2 ил.

### Literatura

1. **Informacionnyj portal** «Ekologiya-uchebnye materialy», Antropogennoe vozdejstvie na gidrosferu i eyo zachita [Elektronnyj resurs]. M., 2013-2016. – Rezhim dostupa: <http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=397>, svobodnyj, (data obrashcheniya: 11.02.2019).
2. **Kruglik L.V., Sychev A.G.** Tekhnologiya obsluzhivaniya i ekspluatatsii avtotransporta. – M.: Izd-vo «Intra», 2013. – S. 99-101.
3. **Marfenin N.N.** Ekologiya. – M.: Izd-vo «Akademiya», 2012. – S. 154-156.
4. **Polishchuk O.N.** Osnovy ekologii i prirodopol'zovaniya. – SPb. [i dr.]: Izd-vo OOO «Prospekt nauki», 2011. – 97 s.
5. **Feoktistova T.G., Feoktistova O.G. Naumova T.V.** Proizvodstvennaya sanitariya i gigiena truda: uch.posobie. – M.: Izd-vo «Intra-M», 2014. – 46 s.
6. **Poleznaya model' k patentu № 119307** Rossijskaya Federaciya, MPK B 60S 3/04 (2006.01) Ustanovka dlya mojki avtomobilej / Vitlin Mihail Gennad'evich; zayavitel' i patentoobladatel': Vitlin Mihail Gennad'evich. – 2011139254/11; zayavl. 26.09.2011; opubl. 20.08.2012. – 4 s: 3 il.
7. **Poleznaya model' k patentu № 109709** Rossijskaya Federaciya, MPK B 60S 3/04 (2006.01) Ustanovka dlya mojki korpusa fil'tra nepreryvnogo dejstviya / Lysenko Ivan Vasil'evich i dr.; zayavitel' i patentoobladatel': Otkrytoe akcionernoe obshchestvo "Rossijskie zheleznye dorogi". – 2011103369/11; zayavl. 21.01.2011; opubl. 27.10.2011. – 1 s: 2 il.

С. 11

**ОЦЕНКА СОРТОВ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ  
И ПРАКТИКИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ**Доктор сельскохозяйственных наук **Г.П. АТРОЩЕНКО**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: atoschenko-G.P@mail.ru)Аспирант **Т.А. ГОЛОД**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: t.suloeva@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2*Ключевые слова: красная смородина, зимостойкость, механический состав ягод*

В статье представлены результаты оценки хозяйственно-ценных признаков сортов красной смородины. Исследования проводили в 2015-2018 гг. в Учебно-опытном саду Санкт-Петербургского государственного аграрного университета и на Научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории» ВИР. Объектами исследований являлись 26 сортов красной смородины различного генетического и эколого-географического происхождения. Установлено, что все изучаемые сорта соответствуют сезонным ритмам развития, формируют урожай ягодной продукции и укладываются в период вегетации Ленинградской области. Изучение и сравнение сортов красной смородины по основным хозяйственно-ценным признакам позволило выделить их для использования в селекции и производстве на Северо-Западе РФ: высокоустойчивые к абиотическим факторам (подмерзание, выпревание): Ася, Нива, Роза, Йонкер ван Тетс, Натали, Коралловая, Ранняя сладкая, Смольяниновская, Красная Андрейченко, Голландская красная, Голландская розовая, Татран, Детван, Ролан, Ненаглядная; устойчивые к листовым пятнистостям: Асора, Дана, Осиповская, Детван, Йонкер ван Тетс, Голландская красная, Смольяниновская, Татран; с хорошей завязываемостью ягод: Баяна, Голландская розовая, Детван, Татран, Ролан; крупноплодные: Ася, Валентиновка, Дана, Татран, Йонкер ван Тетс, Мармеладница; с наиболее одномерными ягодами: Дана, Асора, Валентиновка, Голландская красная.

Р. 11

**ASSESSMENT OF RED CURRANT VARIETIES FOR SELECTION AND PRACTICE  
IN THE NORTHWEST OF THE RUSSIAN FEDERATION**Doctor of Agricultural Sciences **G.P. ATROSHCHENKO**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: atoschenko-G.P@mail.ru)Postgraduate Student **T.A. GOLOD**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: t.suloeva@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2*Keywords: red currant, winter hardiness, berry texture*

The article presents the results of the evaluation of economically valuable traits of red currant varieties. Research work was conducted in 2015-2018 in an educational-experimental garden of the St. Petersburg state agrarian university and on Research and Production Base "Pushkin and Pavlovsk Laboratories" of VIR. 26 varieties of red currant of various genetic, ecological and geographical origin were the objects of research. It is established that all studied varieties correspond to seasonal rhythms of development, form a harvest of berry products and are kept within the period of vegetation of the Leningrad Region. Studying and comparison of red currant varieties on the main economic and valuable signs allowed to allocate them for use in selection and production in the Northwest of the Russian Federation: high-

resistant to abiotic factors (frosting, stricking out): Asya, Niva, Roza, Yonker van Tets, Natali, Corallovaya, Rannyaya Sladkaya, Smolyaninovskaya, Krasnaya Andreychenko, Gollandskaya Krasnaya, Gollandskaya Rozovaya, Tattran, Detvan, Rolan, Nenaglyadnaya; resistant to leaf spots: Asora, Dana, Osipovskaya, Detvan, Yonker van Tets, Gollandskaya Krasnaya, Smolyaninovskaya, Tattran; with good berries ovary: Bayana, Gollandskaya Rozovaya, Detvan, Tattran, Rolan; large-fruited: Asya, Valentinovka, Dana, Tattran, Yonker van Tets, Marmeladnitsa; with the most one-dimensional berries: Dana, Asora, Valentinovka, Gollandskaya Krasnaya.

C. 16

### **ВЫРАЩИВАНИЕ САЖЕНЦЕВ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОГО ТИПА**

Кандидат сельскохозяйственных наук **Г.В. ЩЕРБАКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: agrosad1@mail.ru)

Аспирант **Е.С. КРАВЦОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: katarina\_endless@inbox.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: малина ремонтантная, размножение, побеги замещения, доращивание*

Популярность малины связана с ее отличным вкусом и неповторимым ароматом ягод, а также высоким содержанием витаминов и других биологически активных веществ. Срок потребления свежих ягод, несмотря на широкий выбор сортов, составляет не более одного месяца – с конца июня до начала августа. Урожай ягод малины значительно снижают неблагоприятные экологические условия, вредители и болезни. Продлить сезон потребления свежей малины и увеличить урожай возможно с использованием ремонтантных сортов. Несмотря на популярность, малина ремонтантного типа для Северо-Западного региона – новая, недостаточно изученная культура. Наблюдается дефицит посадочного материала. Первые коллекционные и производственные насаждения были заложены в СПбГАУ в 2009 году. Посадочный материал для закладки насаждений был передан автором сортов, академиком РАСХН, заслуженным деятелем науки РФ И.В. Казаковым. Традиционным способом размножения малины является размножение корневыми отпрысками. Для ремонтантной малины данный метод неэффективен, так как в отличие от обыкновенной малины она имеет незначительное количество корневых отпрысков. В 2014-2018 гг. на базе Учебно-опытного сада Санкт-Петербургского государственного аграрного университета авторами изучалась способность сортов ремонтантной малины к размножению побегами замещения. Более 50% укорененных побегов замещения требовали доращивания до стандартных саженцев. Доращивание укорененных черенков до стандартного посадочного материала является слабоизученным элементом в технологии выращивания малины ремонтантного типа. В связи с этим проводили опыты по доращиванию укорененных побегов малины в условиях открытого и защищенного грунта.

P. 16

### **CULTIVATION OF THE REMONTANT TYPE RASPBERRY SEEDLINGS**

Candidate of Agricultural Sciences **G.V. SHCHERBAKOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: agrosad1@mail.ru)

Postgraduate Student **E.S. KRAVTSOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: katarina\_endless@inbox.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: remontant raspberries, reproduction, replacement shoots, rearing*

The popularity of raspberries is associated with its excellent taste and unique aroma of berries, as well as a high content of vitamins and other biologically active substances. The term of fresh berries consumption, despite the wide choice of varieties, is no more than one month, from late June to early August. The harvest of raspberry berries significantly reduces adverse environmental conditions, pests and diseases. To extend the consumption season of fresh raspberries, and increase the harvest is possible with the use of remontant varieties. Despite the popularity of remontant type raspberry for the North-West region – it is a new, insufficiently studied culture. There is a shortage of planting material. The first collection and production plantings were laid in St. Petersburg State Agrarian University in 2009. Planting material was laid by the author of varieties, Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation I.V. Kazakov. The traditional method of raspberries propagation is by root suckers. For remontant raspberries, this method is not effective, since, unlike ordinary raspberries, it has a small number of root suckers. In 2014-2018 on the basis of the Training and Experimental Garden of St. Petersburg State Agrarian University, we studied the ability of remontant raspberry varieties for propagation by replacement shoots. More than 50% of the rooted replacement shoots required growing to standard seedlings. Growing rooted cuttings to a standard planting material is a poorly understood element in the growing technology of remontant type raspberry. In this regard, experiments were carried out on the rearing of rooted shoots of raspberries in open and protected ground conditions.

C. 20

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В ИХ СЕЛЕКЦИИ**

Кандидат сельскохозяйственных наук **Е.П. БЕЗУХ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного агроинженерного центра Всероссийского института механизации, e-mail: info@petrosad.ru)  
196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3

Кандидат сельскохозяйственных наук **С.Ф. ЛОГИНОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: svetaevadi@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор технических наук **Н.Н. ПОТРАХОВ**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», e-mail: nn@eltech-med.com)  
197376, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

*Ключевые слова: семена, земляника, малина, смородина, крыжовник, микрофокусная рентгенография*

В статье рассматриваются вопросы использования микрофокусной рентгенографии для обследования гибридных семян ягодных культур. Работа выполнена в 2016-2018 гг. на оборудовании электротехнического университета. Объектами исследований являлись семена земляники, малины, крыжовника и смородины красной. Повторность опытов – трех-четырёхкратная. Цель исследований – выявить возможность использования микрофокусной рентгенографии для определения качества семян ягодных культур в их селекции. Выявлено, что даже у визуально здоровых семян имеются внутренние дефекты. По сорту земляники Дивная получены следующие результаты: щуплых семян насчитывалось 4%, с отставшей оболочкой – 2%, загнивших семян выявлено 6%. Дефектных семян набирается 12%, здоровых – 88%. Семена земляники сорта Русич выглядели намного лучше. Щуплых, загнивших и семян с отставанием оболочки от эндосперма по 2%. Дефектных семян выявлено 6%, а здоровых – 94%. В перечне дефектов семян малины сорта Полка первое место занимали семена с отслоением оболочки – 10%, с загнившим эндоспермом – 8%, щуплых семян – 8%. Общее количество дефектных семян составило 27%, а здоровых – 73%. Главным дефектом семян малины сорта Поляна являлась щуплость – 14%, загнивание эндосперма вышло на второе место – 12%. Отслоение оболочки от эндосперма составило 6%. Дефектных семян по сорту Поляна оценили в

33%, а здоровых – в 67%. Микрофокусная рентгенография, проведенная на семенах крыжовника и смородины, показала, что оболочки этих семян слабо реагировали на рентгеновское облучение в том плане, что очертания эндосперма не имели четко выраженных границ. В силу этих причин диагностика качественных показателей семян по этим культурам затруднена. Выводы: метод микрофокусной рентгенографии можно с успехом применять в селекции ягодных культур для определения жизнеспособности семян земляники и малины; микрофокусная рентгенография оказалась неэффективна в определении качества семян крыжовника и смородины красной.

P. 20

### **THE USING OF MICROFOCUS RADIOGRAPHY TO ASSESS THE QUALITY OF BERRY CROPS SEEDS IN THEIR SELECTION**

Candidate of Agricultural Sciences **E.P. BEZUKH**

(Institute for Engineering and Environment Problems in Agricultural Production, branch Federal State Budget Scientific Institution Federal scientific agro-engineering center All-Russian Institute of mechanization, e-mail: info@petrosad.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, p. Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

Candidate of Agricultural Sciences **S.F. LOGINOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: svetaevadi@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Doctor of Engineering Sciences **N.N. POTRAKHOV**

(Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI", they. V. I. Ulyanov (Lenin)», e-mail: nn@eltech-med.com)

197376, Russian Federation, Saint-Petersburg, Professor Popov ul., 5

*Keywords: seeds, strawberries, raspberries, currants, gooseberries, microfocus radiography*

The article deals with the use of microfocus radiography for examination of hybrid seeds of berry crops. The work was performed in 2016-2018 on the equipment of the Electrotechnical University. The objects of research were the seeds of strawberries, raspberries, gooseberries and red currants. The repetition of experiments lasted three-four times. The aim of the research is to identify the possibility of using microfocus radiography to determine the quality of berry crops seeds in their selection. It was revealed that even visually healthy seeds have internal defects. The following results were obtained for the strawberry variety Divnaya: puny seeds, there were 4%, with a lagged shell 2%, rotted seeds revealed 6%. Defective seeds are about 12%, a healthy- 88%. Seeds of strawberry variety Rusich looked much better. Puny, rotted and seeds with a lag of the shell from the endosperm were about 2%. Defective seeds are revealed about 6%, and healthy-94%. In the list of defects raspberry seed variety Polka took the first place among seeds with a detached shell – about 10%, with macerated endosperm- about 8%, shriveled seeds about 8%. The total number of defective seeds was 27%, and healthy – 73%. The main defect of the seed of raspberry variety Polyana was seediness about 14%, rotting of the endosperm came in second place at about 12%.

The detachment of the membrane from the endosperm was 6%. Defective seeds by variety Poliana were estimated at 33%, and healthy seeds - at 67%. Microfocal radiography performed on gooseberry and currant seeds showed that the shells of these seeds responded poorly to X-ray irradiation in the sense that the outlines of the endosperm had no clearly defined boundaries. For these reasons, the diagnosis of quality indicators of seeds for these crops is difficult. Conclusions: the method of microfocus radiography can be successfully used in the selection of berry crops to determine the viability of strawberry and raspberry seeds; microfocus radiography was ineffective in determining the quality of gooseberry seeds and red currants.



С. 26

**КАЧЕСТВО САЖЕНЦЕВ ГРУШИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ**Кандидат сельскохозяйственных наук **Н.Н. ГОРБАЧЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: plodovod.2012@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: груша, питомник, окулировка*

Груша по распространенности занимает ведущие позиции, уступая лишь яблоне. Высоко ценятся лучшие её сорта за вкусовые качества плодов и своеобразный аромат, известны и лечебные свойства. В России основные насаждения груши сосредоточены на Северном Кавказе и в Поволжье. Груша более теплолюбива и менее зимостойка, чем яблоня, поэтому и северная граница промышленной культуры проходит значительно южнее.

Груша нашла широкое распространение в индивидуальных садах Северо-Западного и смежных с ним регионах, и особенно благодаря коренному улучшению сортимента. Современные сорта, разрешенные к использованию в нашей зоне, Лада и Чижовская – отличаются скороплодностью, устойчивостью к грибным болезням и небольшой высотой деревьев, а также и высокими вкусовыми качествами. Все это прибавляет популярности этой культуре. Однако в садах используют и ряд других сортов.

Важна роль питомника в распространении районированных зимостойких сортов и выращивании качественного посадочного материала, отчего напрямую зависит наращивание урожайности плодовых деревьев.

Окулировка груши в условиях Ленинградской области обеспечила выход однолетних саженцев от 73,3 (Память Яковлева) до 88,3% (Лада). Наиболее слаборослые и менее разветвленные двухлетние саженцы груши получены при использовании сорта Орловская летняя. Наиболее развитые саженцы были у сортов Кафедральная, Белорусская поздняя, Лада, Северянка краснощекая. Выход стандартных двухлетних саженцев в среднем составил 93%.

Выявлена прямая зависимость диаметра штамба и суммарного прироста от диаметра подвоя, именно подвой оказывает существенное влияние на развитие двухлетних саженцев груши. Коэффициент корреляции составляет - 0,9. Таким образом, высокое качество посадочного материала груши в условиях Северо-Западного региона достигается высоким агротехническим фоном и использованием окулировки на хорошо развитые мощные подвои.

Р. 26

**QUALITY OF PEAR SEEDLINGS UNDER THE NORTHWESTERN CONDITIONS OF RUSSIA**Candidate of Agricultural Sciences **N.N. GORBACHEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: plodovod.2012@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: pear, nursery-garden, budding*

Pear according to prevalence occupies a leading position, second to apple. Its best varieties are highly valued for the taste of fruit and peculiar aroma, healing properties. In Russia, the main plantations of pears are concentrated in the North Caucasus and in the Volga region. The pear is more heat-loving and less winter-hardy than an apple tree, therefore the northern boundary of industrial culture passes much to the south.

Pear is widespread in the individual gardens of the North-West and adjacent regions, and especially due to the radical improvement of the assortment. Modern varieties permitted for use in our zone are Lada and Chizhovskaya. They are distinguished by their precociousness, resistance to fungus diseases and a small height of trees, as well as high taste qualities. All this adds to the popularity of this culture. However, in the gardens other varieties are used.

The nursery plays an important role in the distribution of zoned winter-hardy varieties and the cultivation of high-quality planting material, on which the increase of fruit trees yield directly depends.

The budding of a pear under the conditions of the Leningrad Region ensured the annual seedlings yield from 73.3 (Yakovlev's Memory) to 88.3% (Lada). The most weakly growing and less branched biennial pear seedlings are obtained using Orlovskaya Letnyaya varieties. The most developed seedlings were the varieties Kafedralnaya, Belorusskaya pozdnyaya, Lada, Severyanka krasnoshchyokaya. The yield of standard two-year seedlings averaged 93%.

The direct dependence of the diameter of the stem and the total increase on the diameter of the stock was revealed; it is the stock that has a significant impact on the development of two-year-old pear seedlings. The correlation coefficient is - 0.9. Thus, the high quality of pear planting material in the North-West region is achieved by a high agrotechnical background and the use of budding for well-developed powerful rootstocks.

C. 31

### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РАСТЕНИЙ КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Кандидат сельскохозяйственных наук **Т.А. ДАНИЛОВА**

(ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения» (СЗЦППО), e-mail: danilovata2@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 7

Доктор сельскохозяйственных наук **А.М. СПИРИДОНОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор биологических наук **М.В. АРХИПОВ**

(ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения» (СЗЦППО), e-mail: szcentr@bk.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 7

*Ключевые слова: генный банк, генетические ресурсы растений, селекция, качество сельскохозяйственной продукции*

Мировой опыт свидетельствует о том, что генетические растительные ресурсы являются важнейшим национальным богатством, играющим решающую роль в селекции, создании сортов, отвечающих по урожайности, качеству продукции и адаптивности требованиям производства, а также в обеспечении продовольственной, а, следовательно, и национальной безопасности и суверенитета каждого государства. Российская Федерация обладает богатейшим и уникальным фондом растительных ресурсов в виде мировой коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений (до 2015 г. ВИР им. Н.И. Вавилова). В настоящее время данный генный банк растительных ресурсов, собранный со всех континентов Земли, насчитывающий 325660 образцов, представленных 64 ботаническими семействами, 376 родами и 2169 видами, служит стратегической базой эффективного и стабильного развития не только сельского хозяйства, но и всех отраслей экономики и социальной сферы. Созданный генбанк занимает 4-е место в мире по размерам и является богатейшим по ботаническому, генетическому, географическому и экологическому разнообразию. Коллекция включает и живые растения, и семена, и клеточные культуры и по существу является не только нашим богатством, но и богатством будущих поколений. Поэтому неслучайно эксперты World Bank оценили коллекцию ВИР в восемь триллионов американских долларов, т.е. больше, чем ВВП Российской Федерации, а сбор и сохранение имеющегося биоразнообразия в генбанке в настоящее время является важной задачей ученых XXI века.

Задачи современной селекции в связи с этим заключаются в наиболее полном использовании в селекционном процессе по созданию новых сортов имеющегося в генном банке материала.

P. 31

### PLANT GENETIC RESOURCES AS A FACTOR OF PRODUCT QUALITY CONTROL

Candidate of Agricultural Sciences **T.A. DANILOVA**

(North-West Center of interdisciplinary research studies of food security" (N-W CIRPFM),  
e-mail: danilovata2@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 7

Doctor of Agricultural Sciences **A.M. SPIRIDONOV**

Federal State Budget Educational Institution of higher professional education  
Saint-Petersburg state agrarian University, e-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburg. shosse, 2

Doctor of Biological of Sciences **M.V. ARKHIPOV**

(North-West Center of interdisciplinary research studies of food security" (N-W CIRPFM),  
e-mail: szcentr@bk.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 7

*Keywords: gene Bank, plant genetic resources, selection, quality of agricultural products*

World experience shows that genetic plant resources are the most important national wealth, which play a crucial role in breeding, varieties creating that meet the requirements of productivity, product quality and adaptability of production, as well as in ensuring food, and, consequently, national security and sovereignty of each state. The Russian Federation has a rich and unique Fund of plant resources in the form of the world collection of the Federal research center of the all-Russian Institute of plant genetic resources (until 2015). VIR named after N. I. Vavilov). Currently, this gene Bank of plant resources, collected from all continents of the Earth, numbering 325660 samples represented by 64 Botanical families, 376 genera and 2169 species, serves as a strategic base for the effective and stable development of not only agriculture, but also all sectors of the economy and social sphere. The established GenBank ranks fourth in the world in size and is the richest in Botanical, genetic, geographical and environmental diversity. The collection includes live plants, seeds, and cell cryocultures, and is essentially not only our wealth, but also the wealth of future generations. Therefore, it is no coincidence that world Bank experts estimated the collection of VIR at eight trillion us dollars, i.e. more than the GDP of the Russian Federation, and the collection and preservation of existing biodiversity in the GenBank is now an important task of scientists of the XXI century. The tasks of modern breeding in this regard are the most complete use in the selection process to create new varieties of available in the gene Bank material.

C. 39

### СООТНОШЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ И КЛИМАТИЧЕСКИ ОБЕСПЕЧЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Ф.Ф. ГАНУСЕВИЧ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 210ff@mail.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **Е.А. СТРУЖКОВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: lena290588@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: потенциальная и климатически обеспеченная продуктивность посевов, уровни урожайности, климатически обеспеченный и теоретически возможный коэффициент полезного использования посевов ( $K_0$ )*

В данной статье авторы отмечают, что интенсивное использование почвенных и климатических ресурсов, а также продуктивности сортов сельскохозяйственных культур требуют новых научно обоснованных представлений, в том числе о количественной взаимосвязи между потенциальной и климатически обеспеченной продуктивностью посевов.

Потенциальная продуктивность посевов сельскохозяйственных культур всегда значительно выше фактических значений получаемой урожайности сельскохозяйственных культур, что подтверждают данные различных учёных, например, по А.А. Ничипоровичу (1956), коэффициент полезного использования приходящей на посевы ФАР ( $K_Q$ ) может теоретически достигать 6-8%, а фактически эта величина достигает значений 2,0-2,5%.

Расчёты продуктивности посевов в настоящее время проводятся по формулам, предложенным Тоомингом Х.Г. (1978, 1982) и Бондаренко Н.Ф. (1986). Однако до настоящего времени не была установлена прямая количественная зависимость между потенциальной и климатически обеспеченной продуктивностью посевов. Опираясь на уже известную формулу А.А. Рябчикова и используя элементы моделирования, авторы разработали универсальную эмпирическую формулу соотношения потенциальной и климатически обеспеченной продуктивности посевов. В статье показан последовательный вывод формулы, описывающей данное соотношение. Предложена универсальная зависимость ( $y_{пу} = 37,2 - \frac{20,2}{y_{кoy}}$ ) между потенциальной и климатически обеспеченной

продуктивностью посевов; приведен теоретически возможный коэффициент полезного использования ( $K_Q$ ) солнечной радиации посевами свёклы кормовой 6,0-7,4%.

В статье также приведены климатически обеспеченный и теоретически возможный коэффициент полезного использования ( $K_Q$ ) посевов и урожайность свёклы кормовой, рассчитанной по предложенной авторами формуле.

P. 39

## RATIO OF POTENTIAL AND CLIMATICALLY PROVIDED CROP PRODUCTIVITY

Doctor of Agricultural Sciences **F.F. GANUSEVICH**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: 210ff@mail.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **E.A. STRUZHKOVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: lena290588@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse., 2

*Keywords: potential and climatically provided crop productivity, yield levels, climatically provided and theoretically possible crop yield factor ( $K_q$ )*

In this article, the authors note that the intensive use of soil and climatic resources, as well as the productivity of crop varieties, requires new scientifically based ideas, including on the quantitative relationship between potential and climatically provided crop productivity.

The potential productivity of agricultural crops is always significantly higher than the factual values of the agricultural crops yield, which was confirmed by the research data of various scientists, for example, according to Nichiporovich A.A. (1956) the crop yield factor ( $K_q$ ) can reach 6-8% but in fact this value reaches 2.0-2.5%.

Calculations of crop productivity are currently made according to the formulae proposed by Tooming H.G. (1978, 1982) and Bondarenko N.F. (1986). However, up to date, no relationship has been proposed for potential and climatically provided crop productivity. Based on the formula already proposed by A.A. Ryabchikov and using modeling elements, the authors developed universal formulae for the ratio of potential and climatically provided productivity of crops. The article shows the consecutive derivation of the formula describing this relationship. The universal dependence  $y_{пу} = 37,2 - \frac{20,2}{y_{кoy}}$  between potential and

climatically provided crop productivity has been proposed; the theoretically possible crop yield factor ( $K_q$ ) of solar radiation by fodder beet plants has been calculated as 6.0-7.4%.

The article also provides a climatically provided and theoretically possible crop yield factor ( $K_q$ ) for crops and fodder beet yield, calculated according to the formula proposed by the authors.

С. 44

**РОЛЬ НЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ В ПОВЫШЕНИИ  
ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**Доктор сельскохозяйственных наук, профессор **А.И. ОСИПОВ**

(ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: aosipov2006@mail.ru)

Соискатель **Е.С. ШКРАБАК**

(ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: e.shkrabak@sevzapagro.ru)

195220, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14

*Ключевые слова: продуктивность, сельскохозяйственные культуры, некорневая обработка, полимерно-хелатные микроудобрения, урожайность, рентабельность*

Научно обоснованная система применения удобрений является одним из основных факторов увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, улучшения качества продукции и сохранения почвенного плодородия. Прирост урожая от использования оптимальных доз удобрений и средств химизации составляет 50% и более. В настоящее время продолжают совершенствоваться технологии внесения удобрений с учетом специфических особенностей возделываемых культур в потреблении питательных веществ на разных стадиях развития растений и их лимитирующих факторов, что обеспечивает получение высоких экономически обоснованных урожаев при хорошем качестве продукции. В последнее время большое внимание уделяется разработке новых перспективных хелатных микроудобрений, которые практически не токсичны, хорошо растворимы в воде и не изменяют свои свойства в широком диапазоне кислотности. Они хорошо адсорбируются на поверхности листьев и в почве, длительное время остаются доступными для растений, не разрушаются микроорганизмами, практически не закрепляются в почвенном поглощающем комплексе и сочетаются с различными пестицидами. Некорневые обработки различных сельскохозяйственных культур полимерно-хелатным микроудобрением Аквадон-Микро в возрастающих дозах увеличивают их урожайность по сравнению с фоновым вариантом, причем наибольшая прибавка была получена при средней дозе 3,0 л/га. С повышением дозы микроудобрения до 4,5 л/га эффективность данного приема снижается. Двукратная некорневая обработка Аквадон-Микро способствует более эффективному использованию минеральных удобрений, что позволяет снизить дозу их внесения на 25 – 50% без ущерба для урожая. Рентабельность применения удобрений серии Аквадон-Микро при дозе 5,0 л/га на картофеле составила 34,4%. Уровень рентабельности микроудобрения на овощных культурах при дозе 3,0 л/га достиг на моркови 34,9%, столовой свекле – 38,0% и капусте белокочанной – 32,0%, а чистый доход, соответственно, 33,3 – 23,5 и 45,2 тыс. рублей с гектара.

Р. 44

**ROLE OF FOLIAR NUTRIMENT IN INCREASING  
OF AGRICULTURAL CROPS PRODUCTIVITY**Doctor of Agricultural Sciences, Professor **A.I. OSIPOV**

(FSBSI «Agrophysical Research Institute», e-mail: aosipov2006@mail.ru)

Applicant **E.S. SHKRABAK**

(FSBSI «Agrophysical Research Institute», e-mail: e.shkrabak@sevzapagro.ru)

195220, Russian Federation, Saint-Petersburg, Grazhdansky prospekt, 14

*Keywords: productivity, crops, foliar treatment, polymer chelate microfertilizers, yield, profitability*

A scientifically based system of fertilizer use is one of the main factors for increasing crop yields, improving product quality and at least maintaining soil fertility. The yield increase from the use of optimal doses of fertilizers and means of chemicalization is 50% or more. At present, fertilizer application technologies continue to be improved, taking into account the specific characteristics of cultivated crops, nutrient consumption at different stages of plant development and their limiting factors, which ensures high economically viable yields with good product quality.

Recently, much attention has been paid to the development of new promising chelated micronutrients, which are practically non-toxic, well soluble in water and do not change their properties in a wide range of acidity. They are well adsorbed on the surface of leaves and in the soil, remain available for plants for a long time, are not destroyed by microorganisms, are practically not fixed in the soil absorbing complex and are combined with various pesticides.

Foliar treatments of various agricultural crops with the polymer-chelated micronutrient Akvadon-Micro in increasing doses enhance their yield as compared with the background variant, with the highest increase obtained with an average dose of 3,0 l/ha. With an increase in the dose of microfertilizers to 4,5 l/ha, the effectiveness of this technique decreases.

The double foliar treatment of Aquadon-Micro contributes to a more efficient use of mineral fertilizers, which makes it possible to reduce the dose of their application by 25 – 50% without harming the crop. The profitability of the use of Aquadon-Micro fertilizers at a dose of 5,0 l/ha on potatoes was 34,4%. The level of profitability of this microfertilizer on vegetables at a dose of 3,0 l/ha reached 34,9% for carrots, – 38,0% for table beets and – 32,0% for white cabbage, and 33,3– 23,5 for net income, respectively 45,2 thousand rubles per hectare.

C. 52

### ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ РЯДА ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ СОИ И ЛЮПИНА

Аспирант **Ю.В. КОСУЛЬНИКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kullavayn@gmail.com)  
196601, Россия, Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: соя, люпин, совместимость, протравители, биопрепараты*

Определено влияние фунгицидов Синклер, Оплот и Тирада на выживаемость клубеньковых бактерий сои (*Bradyrhizobium japonicum* *um.* 634b) и люпина (*Rhizobium lupini* *um.* 367a) в совместном с протравителями баковом растворе. Степень токсичности фунгицидов для исследуемых бактерий определялась путем изучения скорости гибели ризобий в зависимости от протравителя (Синклер, Оплот, Тирада), его концентрации в баковом растворе (рекомендуемая производителем концентрация и вдвое меньшая) и времени контакта ризобий с пестицидом (4,8,24 часа). Изучение динамики гибели ризобий осуществлялось методом посева вариантов совместных баковых растворов на чашки Петри с последующим подсчетом числа образовавшихся бактериальных колоний. По результатам исследования построены кривые сокращения титра клубеньковых бактерий сои и люпина в контакте с пестицидами. Анализ данных кривых позволяет оптимизировать процесс инокуляции семян сои и люпина совместно с их протравливанием фунгицидами Синклер, Оплот и Тирада.

P. 52

### THE STUDY OF THE TOXICITY OF SEVERAL LEGUME AND GRAIN DISINFECTANTS FOR NODULE BACTERIA OF SOYA AND LUPINE

Postgraduate Student **Yu.V. KOSULNIKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kullavayn@gmail.com)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: soya, lupin, compatibility, protectants, biopreparations*

The effect of Sinclair, Oplot and Tirade fungicides on the survival rate of soybean nodule bacteria (*Bradyrhizobium japonicum* *st.* 634b) and lupine (*Rhizobium lupini* *st.* 367a) in a tank solution together was determined. The degree of toxicity of fungicides for the studied bacteria was determined by studying the rate of death of rhizobia depending on the treatment agent (Sinclair, Oplot, Tirada), its concentration in the tank solution (the concentration recommended by the manufacturer and twice less) and the contact time of

rhizobia with the pesticide (4,8,24 hours). The study of the dynamics of the death of rhizobia was carried out by sowing variants of joint tank solutions on Petri dishes followed by counting the number of bacterial colonies formed. According to the results of the study, curves were constructed for reducing the titer of soybean nodule bacteria and lupine in contact with pesticides. The analysis of these curves makes it possible to optimize the process of inoculation of soybean and lupine seeds together with their treatment with Sinclair, Oplot and Tirade fungicides.

С. 57

### **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ АССОЦИАТИВНЫХ РИЗОБАКТЕРИЙ В ПОСЕВАХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ**

Кандидат биологических наук **Л.Е. КОЛЕСНИКОВ**

(Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kleon9@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Доктор биологических наук **А.А. БЕЛИМОВ**

(ФГБНУ ВНИИСХМ, e-mail: belimov@rambler.ru)

196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

Аспирант **П.М. ДОНЕС**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: dones1993@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

**Ключевые слова:** мягкая пшеница, *Bacillus subtilis*, *Sphingomonas* sp., *Pseudomonas fluorescens*, продуктивность пшеницы, болезни пшеницы

С целью разработки новых биопрепаратов изучено влияние штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137, *Sphingomonas* sp. K1B на продуктивность яровой мягкой пшеницы и устойчивость к гельминтоспориозной корневой гнили, бурой и желтой ржавчине, мучнистой росе и септориозу. Максимальный эффект от влияния штаммов ассоциативных ризобактерий на продуктивность пшеницы был выявлен на посевах сорта Сударыня (к-66407). В 2018 г. применение штамма *Sphingomonas* sp. K1B на сорте Сударыня и Trizo (к-64981) вызывало статистически достоверный рост большинства показателей продуктивности пшеницы по сравнению с контролем – 47% и 26% соответственно. В вариантах опыта, где на сортах Trizo и Сударыня был использован штамм *Sphingomonas* sp. K1B, по сравнению с контролем (без обработки), отмечен однонаправленный рост в 2017 г. и 2018 г. максимального числа показателей продуктивности. Кроме того, при использовании штамма *Sphingomonas* sp. K1B на сорте Trizo (2018 г.) и сорте Сударыня (2017, 2018 гг.) зарегистрировано статистически достоверное увеличение массы 1000 зерен: на 21%, 48% и 22% соответственно. Наибольший эффект от применения штаммов ассоциативных ризобактерий за период 2017-2018 гг. был выявлен на сорте Trizo, который сильнее поражен возбудителями болезней. Наибольшую эффективность в отношении корневой гнили и комплекса листовых болезней пшеницы на сорте Trizo проявил штамм *Pseudomonas fluorescens* SPB2137, а на сорте Сударыня – *Sphingomonas* sp. K1B. Штамм *Bacillus subtilis* 124-11 оказывал существенное влияние на снижение развития бурой ржавчины (по площади пустулы), желтой ржавчины (по числу полос на листе) на сорте Trizo, а также определял снижение площади пятен мучнистой росы на предфлаговых листьях сорта Сударыня.

P. 57

### THE BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE ASSOCIATIVE RHIZOBACTERIA STRAINS ON SOFT WHEAT

Candidate of Biological Sciences **L.E. KOLESNIKOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kleon9@yandex.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Doctor of Biological Sciences **A.A. BELIMOV**

(All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, belimov@rambler.ru)

196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 3

Postgraduate Student **P.M. DONES**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: dones1993@mail.ru)

196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: soft wheat, Bacillus subtilis, Sphingomonas sp., Pseudomonas fluorescens, wheat productivity; wheat diseases*

The influence of *Bacillus subtilis* 124-11, *Pseudomonas fluorescens* SPB2137, *Sphingomonas sp.* K1B strains on the spring soft wheat productivity and resistance to helminthosporiosis root rot, brown (leaf) and yellow rust, powdery mildew and wheat leaf blotch was studied for the purpose of new biopreparations developing. The associative rhizobacteria strains' maximum influence effect on the wheat productivity was revealed in the Sudarynya (K-66407) cultivar crops. In 2018, the use of the *Sphingomonas sp.* K1B 2137 strain on the cultivars Sudarynya and Trizo (K-64981) caused statistically significant growth of most of the wheat productivity elements in comparison with the control – 47% and 26%, respectively. In the experiment variants in 2017 and 2018, where the *Sphingomonas sp.* K1B strain on cultivars Trizo and Sudarynya was used, compared to the control (without treatment), an unidirectional growth of the maximum number of productivity elements there was marked. In addition, a statistically significant increase in the weight of 1000 grains when using *Sphingomonas sp.* K1B strain on the cultivars Trizo (2018 – by 21%) and Sudarynya (2017 - by 48%, 2018 – by 22%) was revealed. The greatest effect of the associative rhizobacteria strains' use for the period 2017-2018 was revealed on the Trizo cultivar, which was more affected by pathogens. The greatest effectiveness against root rot and a complex of wheat leaf diseases was shown by the *Pseudomonas fluorescens* SPB2137 strain on the Trizo cultivar, and the *Sphingomonas sp.* K1B strain – on the Sudarynya cultivar. Strain *Bacillus subtilis* 124-11 had a significant influence on reducing the development of brown rust (on the pustule area), yellow rust (on the stripes number per leaf) on Trizo cultivar, and also caused the reduction of the powdery mildew spots area on the pre-flag leaves of the Sudarynya cultivar.

C. 64

### ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ НА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЕ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Соискатель **Е.Л. ШАЙДАЮК**

(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,

e-mail: eshaydayuk@bk.ru)

196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3

Кандидат сельскохозяйственных наук **В.С. ЮСОВ**

(ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», e-mail: vs\_ysov@rambler.ru)

644012, Российская Федерация, г. Омск, проспект Королева, д. 26

Кандидат биологических наук **Е.И. ГУЛЬТЯЕВА**

(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,

e-mail: eigulyaeva@gmail.com)

196608, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 3



**Ключевые слова:** *Triticum durum*, вирулентность, *Puccinia triticina*, Lr-гены, устойчивость

Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) – значимое заболевание яровой твердой пшеницы во всех зонах её выращивания. В связи с этим актуальность представляют популяционные исследования патогена. Цель данного исследования – охарактеризовать структуру омской популяции возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице по вирулентности и микросателлитным маркерам. Инфекционный материал, представленный листьями с урединиопустулами, был собран на селекционном участке лаборатории твердой пшеницы Омского АНЦ в 2018 г. В анализе вирулентности было изучено 60 монопустульных изолятов. Все изоляты были авирулентны к линиям Thatcher с генами *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr9*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr44* и вирулентны к *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr23*, *Lr26* и *Lr30*. Варьирование в частотах вирулентности наблюдали на линии *TcLr20*. С использованием международного набора линий-дифференциаторов в изученной популяции определено два фенотипа: МСТКГ и МСТКН. Омская субпопуляция *P. triticina* на твердой пшенице существенно отличалась по вирулентности от субпопуляции на мягкой пшенице, выращиваемой в сходных условиях. Все изоляты с мягкой пшеницы характеризовались более высоким числом аллелей вирулентности. Определенные на твердой пшенице фенотипы вирулентности относятся к группе редких и не встречаются при анализе омских популяций *P. triticina* на мягкой пшенице.

В микросателлитном анализе изучено 6 изолятов, для которых оценили полиморфизм восьми микросателлитных локусов. Варибельность в размерах аллелей выявлена только для локуса SSRPt158. Изученные изоляты были представлены двумя SSR-генотипами. Проведенный молекулярный анализ подтвердил высокую степень родства между изученными изолятами патогена на твердой пшенице по микросателлитным локусам. Полученные сведения следует учитывать в селекции твердой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине в условиях Западной Сибири.

P. 64

#### POPULATION STUDIES OF THE LEAF RUST ON DURUM WHEAT IN OMSK REGION

Applicant **E.L. SHAYDAYUK**

(FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection, e-mail: eshaydayuk@bk.ru)

196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 3

Candidate of Agricultural Sciences **V.S. YUSOV**

(FSBSI «Omsk Agricultural Sciences Center», e-mail: vs\_ysov@rambler.ru)

644012, Russian Federation, Omsk, pr. Koroleva 26

Candidate of Biological Sciences **E.I. GULTYAEVA**

(FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection, e-mail: gullena@rambler.ru)

196608, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelsky shosse, 3

**Keywords:** *Triticum durum*, virulence, *Puccinia triticina*, Lr-genes, resistance

Leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss) is a significant disease of spring durum wheat in all growing areas. In this case, the population studies of the pathogen are important. The aim of this study was to characterize the structure of the Omsk leaf rust population on durum wheat by virulence and microsatellite markers. Infectious material, presented by leaves with uredinia, was collected at the breeding plot of the laboratory of durum wheat Omsk ASC in 2018. 60 single-pustule isolates were studied in virulence analysis. All isolates were avirulent to Thatcher lines with genes *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr9*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr44* and virulent to *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr23*, *Lr26* and *Lr30*. Variation in virulence frequencies was observed on the line *TcLr20*. Two phenotypes of MCTKG and MCTKH were determined using the international set of differentiator lines. The Omsk subpopulation of *P. triticina* on durum wheat differed significantly in virulence from the population on common wheat grown under similar conditions. All isolates from common wheat were characterized by a higher number of virulence alleles. The virulence phenotypes determined on durum wheat belong to the group of rare, and are not found in the analysis of the Omsk populations of *P. triticina* on common wheat.

6 isolates were studied in the microsatellite analysis and polymorphism of eight microsatellite loci was evaluated. Variability in allele sizes was detected only for the SSRPt158 locus. The studied isolates were

represented by two SSR genotypes. Conducted molecular analysis confirmed a high degree of relatedness between the studied isolates of the pathogen on durum wheat on microsatellite loci. The obtained information should be taken into account in the selection of durum wheat for resistance to leaf rust in Western Siberia.

C. 69

### МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД СЕМЕЙСТВА *LONGIDORIDAE* В УСЛОВИЯХ КАРАНТИННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Соискатель **О.В. СЕРГЕЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: osuf@rambler.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Гельминтолог **К.П. РАЗУВАЕВА**

(ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория», e-mail: palata96@list.ru)  
196158, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 15

*Ключевые слова: почвенные нематоды, карантин, вирус, выделение, идентификация*

В статье представлены общие сведения о виде нематоды *Xiphinema rivesi* D., методах выделения и идентификации нематод семейства *Longidoridae*, удовлетворяющих запросам карантинных лабораторий. В лаборатории гельминтологии отдела карантина растений ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» для выделения нематод семейства *Longidoridae* используется оригинальная методика, включающая комбинацию метода промывки почвы (метод Флэгга) и вороночно – флотационного метода. Таким же способом возможно и выделение нематод вида *Xiphinema rivesi* D. Предложенный сотрудниками лаборатории метод позволяет комбинировать выделение многих видов нематод, в частности, вида *Xiphinema rivesi* D. в карантинных испытательных лабораториях, в связи с необходимостью проведения экспертизы в сжатые сроки, в соответствии с уровнем их технического обеспечения. Метод может быть использован для выделения всех видов червеобразных почвообитающих нематод, как из почвенных образцов, так и из образцов других подкарантинных материалов.

P. 69

### METHODS OF ISOLATION AND IDENTIFICATION OF SOIL NEMATODES OF THE LONGIDORIDAE FAMILY IN THE CONDITIONS OF QUARANTINE LABORATORIES

Applicant **O.V. SERGEEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: osuf@rambler.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburg. shosse, 2

Helminthologist **K.P. RAZUVAEVA**

(FGBU «Leningrad Interregional Veterinary Laboratory» e-mail: palata96@list.ru)  
196158, Russian Federation, Saint-Petersburg, Moskovskoye shosse, 15

*Keywords: Soil nematodes, quarantine, virus, isolation, isolating, identification*

The article presents general information on the type of *Xiphinema rivesi* D. nematode, methods for isolating and identifying nematodes of the *Longidoridae* family satisfying quarantine laboratories. In the laboratory of helminthology of the plant quarantine department of the Leningrad Interregional Veterinary Laboratory, the original method is used to isolate the nematodes of the *Longidoridae* family, including a combination of the soil washing method (the Flagg method) and the funnel-flotation method. In the same

way, it is possible to isolate nematodes of the *Xiphinema rivesi* D. species. The method proposed by the laboratory staff allows to combine the isolation of many nematode species, in particular, *Xiphinema rivesi* D. species in quarantine testing laboratories, due to the need to conduct an examination in a short time, according to the level their technical support. The method can be used to isolate all types of worm-like soil-dwelling nematodes, both from soil samples and from samples of other regulated materials.

C. 74

### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЕЙСТВИЯ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Соискатель **А.А. КОМАРОВ**

(ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «Белогорка», e-mail: kommon@mail.ru)

188338, Российская Федерация, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1

Доктор сельскохозяйственных наук **П.А. СУХАНОВ**

(ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: Pavel\_suhanov@mail.ru)

Доктор сельскохозяйственных наук **А.А. КОМАРОВ**

(ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», e-mail: zelenydar@mail.ru)

195220, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14

*Ключевые слова: гуминовые удобрения: «Стимулайф», «Лигногумат», «Дарина», «Идеал», картофель, урожайность»*

Представлены результаты производственных экспериментов по оценке действия различных гуминовых удобрений на урожайность картофеля. Эксперименты проводились в производственных условиях ЗАО «Победа» Ломоносовского района Ленинградской области в 2011-2012 гг. В качестве гуминовых удобрений оценивались: «Лигногумат», «Дарина», «Стимулайф» и «Идеал». Удобрения использовались в рекомендуемых концентрациях в виде некорневых подкормок в период бутонизации-цветения культуры в дозе 300 л/га.

Установлено, что на высококультурных дерново-подзолистых почвах сравнительное испытание разных гуминовых удобрений показало их высокую эффективность при возделывании картофеля в условиях Северо-Запада РФ. Среди испытанных удобрений наибольшую прибавку урожайности обеспечило использование «Стимулайфа».

P. 74

### RESULTS OF INDUSTRIAL TESTS OF HUMINOUS FERTILIZERS EFFECT ON THE POTATO YIELD

Applicant **A.A. KOMAROV**

(FSBSI «Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», e-mail: kommon@mail.ru)

188338, Russian Federation, Leningrad region, Gatchinsky district, Belogorka, Instytutskaya, 1

Doctor of Agricultural Sciences **P.A. SUKHANOV**

(FSBSI Agrophysical Research Institute e-mail: Pavel\_suhanov@mail.ru)

Doctor of Agricultural Sciences **A.A. KOMAROV**

(FSBSI Agrophysical Research Institute e-mail: zelenydar@mail.ru)

195220, Russian Federation, Saint-Petersburg, Grazhdansky pr., 14

*Keywords: Humic fertilizers: Stimullife, Lignohumate, Darina, Ideal, potatoes, yield*

Presentation of production experiments results to assess the actions of various humic fertilizers on potato yield is given. The experiments were carried out in the production conditions of CJSC Victory of the Lomonosovsky District of the Leningrad Region in 2011-2012. As humic fertilizers were evaluated: "Lignohumate", "Darina", "Stimullife" and "Ideal". The facilities were used in the recommended conditions under foliar dressing during the budding period - flowering of the culture at a dose of 300 l / ha.

It has been established that comparative testing of various humic fertilizers on high-cultured sod-podzolic soils showed their effectiveness in the cultivation of potatoes in the North-West Russia. Among the tested fertilizers, the highest yield increase provided the use of "Stimullife."

C. 80

### **РОССИЙСКАЯ СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТЛОГО И ТЕМНОГО ПШЕНИЧНОГО КВАСА**

Кандидат технических наук **П.Е. БАЛАНОВ**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, e-mail: balanov@yandex.ru)  
191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

Кандидат технических наук **И.В. СМОТРАЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)  
1196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Аспирант **М.С. АЛЕКСЕЕВА**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, e-mail: alexeevams@mail.ru)  
191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д. 9

*Ключевые слова: пшеница, солод, квас*

Современная индустрия напитков производит очень большое количество безалкогольной продукции. Это напитки на основе сахарного сырья с добавлением вкусо-ароматических компонентов. Это может быть плодово-ягодное сырьё (соки, эссенции, настои), но также и сырьё, полученное путем химического синтеза (искусственные ароматизаторы, красители, консерванты). Современный российский потребитель стал существенно более разборчивым в продукции и хочет приобретать пищевые товары, произведенные из максимально натурального сырья, по понятным ему технологиям.

В связи с этим квас является замечательным примером продукции, которая производится из натурального зернового сырья и воспринимается покупателем, как товар без искусственных ингредиентов.

Ассортимент кваса в Российской Федерации и Таможенном Союзе сегодня очень велик. Производители борются за потребителя разнообразными средствами: рекламой, различной привлекательной тарой, новыми вкусами и т.д. Эти положительные явления имеют объективное сырьевое ограничение. Привычный потребителю квас изготавливается из ржаного сырья, вкусовая гамма которого, безусловно, широка, однако всё-таки ограничена его объективным физико-химическим составом.

В этом смысле использование иного зернового сырья, например, пшеницы, позволяет раскрыть вкусовую палитру кваса в совершенно новом направлении. Тем более что пшеница до начала XX века являлась сырьем, которое использовалось в производстве кваса наравне с другими злаками, а зачастую и в большей степени.

P. 80

### **RUSSIAN RAW MATERIALS BASE FOR LIGHT AND DARK WHEAT KVAASS PRODUCTION**

Candidate of Technical Sciences **P.E. BALANOV**

(St. Petersburg National Research University of Information technologies, mechanics and optics,  
e-mail: balanov@yandex.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, ul. Lomonosova, 9

Candidate of Technical Sciences **I.V. SMOTRAEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: irinasmotraeva@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Postgraduate Student **M.S. ALEKSEEVA**

(St. Petersburg National Research University of Information technologies, mechanics and optics,  
e-mail: alexeevams@mail.ru)

191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosova, 9

*Keywords: wheat, malt, kvass*

The modern beverage industry produces a very large number of non-alcoholic products. These are drinks based on sugar raw materials with the addition of flavor components. It can be fruit and berry raw materials (juices, essences, infusions), but also raw materials obtained by chemical synthesis (artificial flavors, colors, preservatives). The modern Russian consumer has become significantly more legible in production and wants to buy food products made from the most natural raw materials, according to the technologies he understands.

In this regard, kvass is a wonderful example of products that is made from natural grain raw materials and perceived by the buyer as a product without artificial ingredients.

The assortment of kvass in the Russian Federation and the Customs Union is very high today. Producers are fighting for consumers by various means: advertising, various attractive packaging, new flavors, etc. These positive effects are objective raw material limitation. Traditional kvass is made from rye raw materials, the texture of which, of course, extensive, but still limited to its objective physical and chemical composition.

In this sense, the use of other grain raw materials, such as wheat, allows to reveal the taste palette of kvass in a completely new direction. Especially since wheat until the beginning of the XX century was a raw material that was used in the production of kvass along with other cereals, and often to a greater extent.

C. 86

## **МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ**

Доктор сельскохозяйственных наук **О.В. ГОРЕЛИК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет, e-mail: olgao205en@yandex.ru)

Кандидат биологических наук **С.Ю. ХАРЛАП**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный аграрный университет, e-mail: proffuniver@yandex.ru)

620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

*Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, продуктивность, молоко, способ содержания, технология доения, эффективность*

В мировой практике принято считать, что молочная продуктивность коров зависит на 50-60% от уровня кормления и качества кормов, на 20-25% – от селекционной работы и воспроизводства, на 20-25% – от условий содержания и технологии доения. Изучение влияния технологии производства молока, в том числе условий содержания животных, на продуктивные качества коров является актуальным, научно обоснованным направлением исследований. Цель работы – изучить продуктивные качества коров при разных способах содержания. В результате проведенных исследований установлено, что молочная продуктивность коров при привязном содержании и доении в молокопровод АДМ-8 достоверно ниже почти по всем показателям по сравнению с продуктивностью коров, содержащихся беспривязно, и доение которых проходило с применением роботизированной техники. Количество соматических клеток в сборном молоке снижается с 822 тыс./мл до 92-210 тыс./мл, или практически в 3 раза при роботизированном доении. При привязном содержании коров и доении в молокопровод АДМ-8 получено только 27,9% молока высшего сорта, тогда как в группе коров при доении роботом его 100%. Поэтому реализационная стоимость молока,

полученного от коров, содержащихся на привязи, составила 18,60 руб., в то время как при беспривязном содержании – 19,22 руб., что привело к снижению общей реализационной стоимости проданного продукта на 18 286 руб. Рентабельность производства молока от коров при разных способах содержания отличалась на 10,9 пункта в пользу коров с привязным содержанием. Это объясняется большими затратами на реконструкцию и покупку доильного оборудования.

P. 86

#### **THE MILK YIELD OF COWS DEPENDING ON THE CONDITIONS OF MAINTENANCE**

Doctor of Agricultural Sciences **O.V. GORELIK**

(FSBEI HE «Urals State Agrarian University», e-mail: olgao205en@yandex.ru)

Candidate of Biological Science **S.Yu. KHARLAP**

(FSBEI HE «Urals State Agrarian University», e-mail: proffuniver@yandex.ru)

620075, Russian Federation, Yekaterinburg, K. Libknecht, 42

*Keywords: cattle, cows, productivity, milk, method of maintenance, milking technology, efficiency*

In world practice, it is believed that milk production of cows depends on 50-60% of the level of feeding and feed quality, 20-25% of breeding and reproduction, 20-25% of the maintenance and milking technology. The study of the influence of milk production technology, including the conditions of animals, on the productive cow quality is relevant, a scientifically based direction of research. Purpose: to study the productive qualities of cows under different ways of maintenance. The results of the research showed that the milk yield of tethered cows and milking in the milk pipeline ADM-8 was significantly lower on almost all indicators, in comparison with the productivity of cows kept loose and milking which took place with the use of robotic technology. The series of somatic cells in the combined milk is reduced from 822 thousand/ml to 92-210 thousand/ml, or almost 3 times with robotic milking. When tethered cows and milking in the milk pipeline ADM-8 only 27.9% of the highest grade milk was received, whereas in the group of cows when robotic milking was 100%. Therefore, the real value of milk obtained from tethered cows was 18.60 rubles, while cows kept loose - 19.22 rubles., which led to a decrease in the total selling value of the product sold at 18,286 rubles. Profitability of milk production from cows with different methods of maintenance differed by 10.9 points in favor of tethered cows. This is due to the high cost of reconstruction and milking equipment purchase.

C. 92

#### **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ ПИЩЕВЫХ И ИНДИКАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОКА КОРОВ АЙРШИРСКОЙ ПОРОДЫ**

Доктор сельскохозяйственных наук **А.Е. БОЛГОВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет», e-mail: bolg@petsu.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **И.П. КОМЛЫК**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет», e-mail: irinakoml@rambler.ru)

Кандидат сельскохозяйственных наук **Н.В. ГРИШИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет», e-mail: bolg@petsu.ru)

185910, Россия, г. Петрозаводск, проспект Ленина, д.33

*Ключевые слова: изменчивость состава и свойств молока коров, мочевина, точка (температура) замерзания молока, айрширская порода скота*

Представлены результаты исследований по изучению вариабельности и взаимосвязи пищевых и индикаторных (мочевина, температура замерзания молока – ТЗМ) показателей молока коров. В процессе работы на племенном заводе «Меграга» ежемесячно в течение двух лет исследовали индивидуальные пробы молока коров 1-й лактации (2453 пробы) и взрослых 3-5-й лактаций (2847 проб)

айрширской породы. Отмечен меньший средний суточный удой (СУ) первотелок в сравнении со взрослыми коровами (22,8 кг против 28,0), но более высокое содержание в молоке сухого вещества (СВ) – 12,52% против 12,33, белка (3,30% против 3,24), лактозы (4,81% против 4,67). Выявлено влияние возраста коров на индикационные показатели молока. Первотелки отличались более высоким содержанием в молоке мочевины (32,96 мг% против 31,58) и повышенной ТЗМ (- 0,5034°С против - 0,5067). Коэффициент изменчивости содержания мочевины умеренный (17,6-18,1%), ТЗМ – низкий (2,1%). Изменение концентрации мочевины в течение лактации в основном соответствует лактационной кривой по суточному удою: максимум в период раздоя (2-3-й месяцы), затем снижение до минимума перед запуском. В молоке первотелок содержание мочевины было выше, чем у взрослых коров на протяжении всей лактации. Лактационная кривая по ТЗМ имела в целом такой же рисунок, как и кривые по величине удоя и содержанию мочевины. По ходу лактации она снижалась. В частности, в группе взрослых коров ТЗМ уменьшалась с -0,5011...- 0,5024°С в начале лактации до - 0,5137...- 0,5143°С на 8-10-м месяцах лактации. ТЗМ первотелок в сравнении со взрослыми коровами была выше на протяжении всей лактации. Уровень удоя оказывает достоверное влияние на величину пищевых и индикационных показателей. Путем моделирования установлено, что с увеличением суточного удоя от менее 20 кг до 30 кг и более происходит снижение массовой доли белка (МДБ) и повышение концентрации мочевины в молоке и ТЗМ у коров обеих возрастных групп. На ТЗМ влияет уровень пищевых компонентов в молоке. Повышение в молоке сухого вещества (СВ) и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) предрасполагает к снижению ТЗМ. Расчетами коэффициентов корреляции подтверждено наличие достоверной положительной корреляции «СУ-ТЗМ» (+0,332; +0,374) и отрицательной корреляции «МДБ – содержание мочевины» (-0,253; -0,315), «СВ-ТЗМ» (-0,406; -0,376), «СОМО-ТЗМ» (-0,350; -0,223). Представленные материалы могут использоваться при разработке путей оптимизации пищевых и индикационных показателей молока коров.

P. 92

#### **VARIABILITY AND INTERRELATION OF NUTRITIONAL AND INDICATIVE INDEXES OF AYRSHIRE COWS' MILK**

Doctor of Agricultural Sciences **A.E. BOLGOV**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Petrozavodsk State University», e-mail: bolg@petsu.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **I.P. KOMLYK**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Petrozavodsk State University», e-mail: irinakoml@rambler.ru)

Candidate of Agricultural Sciences **N.V. GRISHINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Petrozavodsk State University», e-mail: bolg@petsu.ru)

185910, Russian federation, Petrozavodsk, Lenin Pr., 33

*Keywords: variability of composition and properties of milk, cows, urea, point (temperature) of milk freezing, Ayrshire cattle*

The results of studies on the variability and the relationship of nutritional and indicative indexes of cows' milk (urea, milk freezing temperature - MFT) are presented. In the course of work at the breeding plant "Megrega", monthly for two years, individual samples of milk of 1st lactation cows (2453 samples) and adults of 3-5th lactations (2847 samples) of Ayrshire breed were examined. First-calving cows had smaller average daily milk yield (DMY) compare to adult cows (22.8 kg versus 28.0), but a higher content of dry matter (DM) was 12.52% versus 12.33, protein (3.30 % against 3.24), lactose (4.81% against 4.67). The age of the cows has an effect on milk indicator values. First-calving cows had a higher content of urea in milk (32.96 mg% versus 31.58) and elevated MFT (- 0.5034 ° C against - 0.5067). The coefficient of variability of the urea content is moderate (17.6-18.1%), MFT is low (2.1%). The change in the concentration of urea during lactation corresponds to the lactation curve for the daily milk yield: the maximum during the period of first lactation (2-3 months), then decrease to a minimum before dry-period. In the milk of first-calving cows, the urea content was higher than in adult cows throughout lactation. The lactation curve for MFT had generally the same pattern as the curves in terms of milk yield and urea content. It decreased in course of

lactation. In particular, in the group of adult cows MFT decreased from  $-0.5011$  to  $-0.5024$  °C at the beginning of lactation to  $-0.5137$  to  $-0.5143$  °C at the 8-10th month of lactation. MFT of first-calving cows in comparison with adult cows was higher throughout lactation. The level of milk yield has a significant impact on the amount of nutritional and indicative signs. The modeling found, that with an increasing of daily milk yield from less than 20 kg to 30 kg and more, the mass fraction of protein (MFP) and the concentration of urea in milk and MFT are increasing in cows of both age groups. The level of nutritional components in milk affects MFT. The increase in milk dry matter (DM) and dry skim milk residue (DSMR) leads to a decrease in MFT. The correlation coefficients confirmed the presence of the reliable positive correlation DMY-MFT (+0.332; +0.374) and a negative correlation "MFP - urea content" (-0.253; -0.315), "DM-MFT" (-0.406; -0.376), "DSMR-MFT" (-0,350; -0,223). The presented materials can be used in the development of ways to optimize nutritional and indicative signs of cows' milk.

C. 97

### **ВНЕДРЕНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЕТОЗА У КОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

Кандидат сельскохозяйственных наук **В.И. ТУРЛЮН**

(AgrarConsult, e-mail: victor.turlyun@gmail.com)

353527, Российская Федерация, Краснодарский край, пос. Светлый путь, ул. Кооперативная, д. 9

*Ключевые слова: кетоз, молоко, кровь, экспресс-тест, высокопродуктивные коровы*

Определение содержания кетонных тел у молочных коров является важной составляющей менеджмента на молочной ферме. Представленные данные показывают, какое количество животных в период «Транзит II» (0-20 дней после отела) и период I фазы лактации (21-120-й дни лактации) имеют признаки субклинического и клинического кетоза. Исследования выполнены на высокопродуктивном голштинском скоте, завезенном из Канады и Австралии, а также их потомстве. Данные определения содержания бета-гидроксимасляной кислоты (ВНВА) при помощи тест-полосок в молоке коров фазы «Транзит II» (24 головы) показали, что количество здоровых животных составило 8,3%, в области значения, находящегося на границе между нормой и субклиническим кетозом, – 62,5%, со значением субклинического кетоза – 12,5% и клинического – 16,7%. Данные, полученные после анализа молока коров I фазы лактации (81 голова), показали 9,9% здоровых животных, 81,5% – в зоне риска, 3,7% – животных с субклиническим и 4,9% – с клиническим кетозом. Количество ВНВА в крови 59 голов обеих фаз лактации показало, что 70% животных имеют статус здоровых, 8% находятся в зоне риска, у 20% обнаружена субклиническая форма кетоза и 2% имеют клиническую форму. Исследованиями установлено, что около 30% животных до 4-го месяца после отела, согласно результатам анализов молока и крови, имеют субклиническую или клиническую форму кетоза, что приводит к потерям молока, обуславливающим значительный экономический ущерб хозяйству. Для более эффективного менеджмента предприятию рекомендовано использовать тест крови животных в период после отела.

P. 97

### **IMPLEMENTING OF EXPRESS- METHODS FOR DETERMINING COWS KETOSIS INTO THE MILK TECHNOLOGY PROCESS**

Candidate of Agricultural Sciences **V.I. TURLYUN**

(AgrarConsult, e-mail: victor.turlyun@gmail.com)

353527, Russian Federation, Krasnodar region, Svetlyj Put, Kooperativnaja Street. sh., 9



*Keywords: ketosis, milk, blood, express- test, highly productive cows*

Determining the content of ketones bodies in dairy cows is an important component in the management of a dairy farm.

The data presented show the number of animals in the period "Transit II" (0-20 days after calving) and the period I phase of lactation (21-120th days of lactation) have signs of subclinical and clinical ketosis. The studies were performed on highly productive Holstein cattle imported from Canada and Australia, as well as their offspring. The data for determining the content of beta-hydroxybutyric acid (BHBA) using test strips in milk of cows of the "Transit II" phase (24 heads) showed that the number of healthy animals was 8.3%, in the area of the value located at the border between the norm and subclinical ketosis, - 62.5%, with a value of subclinical ketosis - 12.5% and clinical - 16.7%. The data obtained after analyzing the milk of cows in lactation phase I (81 heads) showed 9.9% of healthy animals, 81.5% in the risk zone, 3.7% in animals with subclinical and 4.9% in clinical ketosis. The amount of BHBA in the blood of 59 heads of both phases of lactation showed that 70% of the animals have healthy status, 8% are at risk, 20% have a subclinical form of ketosis and 2% have a clinical form. Research has shown that about 30% of animals before the 4th month after calving, according to the results of milk and blood tests, have a subclinical or clinical form of ketosis, which leads to loss of milk, causing significant economic damage to the farm. For more effective management, the company is recommended to use an animal blood test in the period after calving.

C. 102

## **ЗНАЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Доктор ветеринарных наук **О.К. СУХОВОЛЬСКИЙ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: sokvet@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: биотехнология, животноводство, продуктивность, корова, производственный потенциал*

В работе рассмотрены основные направления внедрения биотехнологии как важного фактора развития животноводства. Отмечается, что решение одной из первостепенных задач национального животноводческого сектора, повышение его конкурентоспособности, увеличение объемов продукции невозможно без внедрения современных биотехнологических разработок. В настоящее время широко внедрены в практику методы искусственного оплодотворения, множественная и эмбриональная трансплантация у животных, что позволяет воспроизводить генетический материал высокого качества с существенным влиянием на состав продукции молока (жир, белок, наличие аминокислот и др.), мяса (мягкость, мраморность), шерсти (длина, толщина, однородность, шелковистость). Кроме того, биотехнология активно используется для контроля и поддержания здоровья животных, в том числе за счет производства вакцин путем биотехнологических процессов, внедрения молекулярных инструментов для выявления возбудителей таких заболеваний, как вирусные болезни у крупного рогатого скота, классическая чума свиней, туберкулез, сальмонеллез, бруцеллез и микоплазмоз. Отмечается, что это направление мультиэффективно. Оно способствует не только увеличению продуктивности животных и улучшению их здоровья, лучшей адаптации к климатическим условиям, но и снижению нагрузки на окружающую среду (уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> на фермах, снижение количества внесения загрязняющих землю отходов животноводческих ферм и др.), а также повышению эффективности сельскохозяйственного производства в целом. Для дальнейшего развития биоиндустрии рекомендовано: максимально способствовать международному научно - техническому сотрудничеству в этой области, создавать совместные научные лаборатории и исследовательские центры, усилить участие российских специалистов в зарубежных проектах в области биологических исследований, внедрять современные инновационные образовательные программы, вводить новые профессии в сфере биотехнологии в высших учебных заведениях.

P. 102

**IMPORTANCE OF BIOTECHNOLOGY IN MODERN ANIMAL HUSBANDRY**

Doctor of Veterinary Sciences **O.K. SUKHOVOLSKY**  
 (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
 «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: sokvet@mail.ru)  
 196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: biotechnology, animal husbandry, productivity, cow, production potential*

The main directions of biotechnology introduction in this paper are considered as an important factor of development of livestock production. It is noted that the solution of one of paramount problems of the national livestock sector is an increase of its competitiveness, and increase of products volumes is impossible without introduction of modern biotechnology developments. Currently methods of artificial fertilization, multiple and embryonal transplantation at animals are widely introduced in practice that allows to reproduce quality genetic material with significant effect on milk products structure (fat, protein, availability of amino acids, etc.), meat (softness, a marbling), wool (length, thickness, uniformity, silkiness). Besides, biotechnology is actively used for control and maintenance of health of animals, including by vaccines production by biotechnological processes, introduction of molecular tools for identification of causative agents of viral diseases at cattle, classical plague of pigs, tuberculosis, salmonellosis, a brucellosis and mycoplasmosis. It is noted that this direction multyefficient. It promotes to increase in efficiency of animals and improvement of their health, the best adaptation to climatic conditions, but also decrease in loading on surrounding the environment (reduction of emissions of CO<sub>2</sub> on farms, decrease in number of introduction of livestock farms waste polluting the earth, etc.) and also to increase in efficiency of agricultural production in general. For the further development of the bio-industry, it was recommended: to promote international scientific and technical cooperation in this area, to create joint research laboratories and research centers, to increase the participation of Russian specialists in foreign projects in the field of biological research, to introduce modern innovative educational programs, to introduce new professions in the biotechnology industry in higher educational institutions.

C. 107

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ НА ЯИЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ИММУННЫЙ ОТВЕТ КУР-НЕСУШЕК ПРИ ЗАРАЖЕНИИ ЭПИЗОТИЧЕСКИМ ШТАММОМ *SALMONELLA ENTERITIDIS***

Аспирант **А.В. ДУБРОВИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: dubrovin@biotrof.ru)

Кандидат биологических наук **Л.А. ИЛЬИНА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: ilina@biotrof.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Кандидат ветеринарных наук **О.Б. НОВИКОВА**

(«Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства» – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, e-mail: ksuvet@mail.ru)

198412, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Ломоносов, ул. Черникова, д. 48

*Ключевые слова: куры-несушки, кормовые добавки, эфирные масла, яйценоскость, экспрессия генов, иммунитет*

В статье приведены результаты исследования влияния кормовой добавки на основе эфирных масел Интебио® на яичную продуктивность и экспрессию генов, ответственных за иммунный ответ у кур-несушек породы Ломанн Белый. Сотрудниками ООО «БИОТРОФ+» совместно с коллегами из ВНИВИП – филиал ФНЦ ВНИТИП РАН был поставлен опыт в условиях вивария ВНИВИП – филиал

ФНЦ ВНИТИП РАН на взрослых курах-несушках с применением данной кормовой добавки. Спустя 3 недели с начала опыта часть поголовья птицы была заражена эпизоотическим штаммом *S. enteritidis*. Спустя сутки после заражения был проведен плановый забой птицы с отбором проб тканей слепых отростков на лабораторное исследование экспрессии генов в молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ+». Наблюдение за уровнем яичной продуктивности продолжалось в течение недели после заражения. В результате исследования были выявлены различия в яичной продуктивности и экспрессии генов, ответственных за иммунный ответ, между группами исследованных птиц. Было обнаружено, что добавление в рацион кур-несушек кормовой добавки на основе эфирных масел привело к увеличению среднего веса яиц. После заражения у птицы, получавшей кормовую добавку, отмечалось менее выраженное снижение яйценоскости. При этом у зараженной птицы, получавшей кормовую добавку, отмечались признаки более эффективного запуска иммунного ответа, выраженные в более высоком уровне экспрессии генов, которые участвуют в иммунном ответе. У незараженной птицы, получавшей кормовую добавку, в сравнении с контрольной группой, уровень экспрессии генов, участвующих в воспалительной реакции и уничтожении антигенов, был ниже, а генов, ответственных за передачу импульса между иммунными клетками, был выше, что может говорить о более высокой готовности организма к иммунному ответу на воздействие антигена.

P. 107

**INFLUENCE OF ESSENTIAL OILS BASED FEED ADDITIVE ON THE EGG PRODUCTIVITY AND IMMUNE RESPONSE OF LAYING HENS WHILE INFECTION OF *SALMONELLA ENTERITIDIS* EPIZOOTIC STRAINS**

Postgraduate Student **A.V. DUBROVIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: dubrovin@biotrof.ru)

Candidate of Biological Sciences **L.A. ILINA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: ilina@biotrof.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye sh., 2

Candidate of Veterinarian Sciences **O.B. NOVIKOVA**

(«All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry Science» Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution, Federal Scientific center «All-Russian Research and Technological Poultry Institute» of RAS, ksuvet@mail.ru)

198412, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosov, ul. Chernikov, 48

*Keywords: laying hens, feed additives, essential oils, egg productivity, gene expression, immune response*

The article presents the research results of the Intebio® feed additive based on essential oils effect on egg productivity and immune response related genes expression in Lohmann White laying hens. The scientist team of BIOTROF+ Ltd, together with colleagues from ARRVIDS, has set the experiment in vivarium conditions on adult laying hens using based on essential oils feed additive. After 3 weeks from the beginning of the experiment, part of the poultry population was infected with *S. enteritidis* epizootic strain. A day after infection, a planned slaughter of the birds was carried out with caecum sampling for laboratory study of immune related genes expression in the molecular genetic laboratory of BIOTROF+ Ltd. The egg productivity level control continued for a week after infection. As a result of the study, differences in egg productivity and the immune response related to genes expression between the observed birds' groups were estimated. It was found that the addition of an essential oil-based feed additive to the laying hens diet led to an increase in the average egg weight. Also, after infection in poultry that received a feed additive, a less expressed decrease in egg production was noticed. At the same time, in infected poultry that received a feed additive, there were signs of a more efficient immune response, expressed in a higher level of involved in the immune response genes expression. In the uninfected bird that received the feed additive, compared to the control group, the level of genes expression involved in the inflammatory response and the antigens destruction was lower, and the genes responsible for the transmission of impulses between immune cells was higher, which may indicate a higher organism readiness for the immune response to antigen exposure.

С. 112

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУСПЕНЗИЙ  
В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРГАТОРАХ**Доктор технических наук **М.М. БЕЗЗУБЦЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: mysnegana@mail.ru)

Кандидат технических наук **В.С. ВОЛКОВ**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: vol9795@yandex.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2*Ключевые слова: магнитоожигенный слой, окружной поток суспензии, электромеханический диспергатор, перемешивание сырья*

В статье решается современная проблема интенсификации процесса переработки сельскохозяйственного сырья на стадии перемешивания. Статья посвящена актуальным в настоящее время вопросам установления закономерностей, происходящих в динамике процесса перемешивания суспензий — процесса, сопутствующего измельчению частиц твердой фазы в электромеханических диспергаторах. Представлены результаты научных исследований по моделированию и выявлению закономерностей физико-механических процессов перемешивания суспензий в электромагнитных диспергаторах, основанных на использовании энергии постоянного электромагнитного поля, создающего в рабочем объеме аппарата магнитоожигенный слой из рабочих элементов (единичных мешалок) цилиндрической формы. На основании законов гидродинамики и фундаментальной теории электромагнитного способа механоактивации разработана математическая модель процесса перемешивания суспензий в электромеханических диспергаторах, обеспечивающая создание в рабочих объемах аппаратов достаточную турбулентность для равномерного распределения диспергируемой твердой фазы в дисперсионной среде. Результаты анализа полученных данных подтверждают, что основное влияние на форму профиля окружной скорости оказывают перенос момента импульса турбулентными пульсациями, возникающими как следствие наличия градиента скорости. По мере увеличения сопротивления внутренних устройств (магнитоожигенного слоя из ферротел), существенную роль в переносе момента начинает играть меридиональная циркуляция жидкости, градиент окружной скорости при этом уменьшается. В статье также представлены и проанализированы результаты экспериментальных исследований процессов на аппаратах, представляющих предмет изобретений. Доказано, что полученная математическая модель, базирующаяся на фундаментальных законах гидродинамики и физики, адекватно описывает процесс перемешивания суспензий в электромагнитных мешалках. Статья носит как теоретический, так и прикладной характер. Подтверждено предположение о том, что основное влияние на форму профиля окружной скорости оказывает перенос момента импульса турбулентными пульсациями, возникающими как следствие наличия градиента скорости. Математическая модель может быть использована при проектировании электромеханических диспергаторов с высокой степенью эффективности и интенсивности процесса перемешивания, что обеспечит высокую селективность переработки твердых частиц в дисперсионной среде перерабатываемой суспензии.

Р. 112

**TO THE QUESTION OF MODELING THE PROCESS OF SUSPENSIONS MIXING  
IN ELECTROMECHANICAL DISPERSANTS**Doctor of Technical Sciences **M.M. BEZZUBTSEVA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: mysnegana@mail.ru);

Candidate of Technical Sciences **V.S. VOLKOV**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: vol9795@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

*Keywords: magnetic liquefied layer, the circuit flow of the suspension, Electromechanical Director, mixing raw materials*

The article deals with the modern problem of intensification of the process of agricultural raw materials processing at the stage of mixing. The article is devoted to the current issues of establishing the laws that occur in the dynamics of the process of mixing suspensions — the process that accompanies the grinding of solid particles in Electromechanical dispersants. The article presents the results of scientific research on modeling and identifying patterns of physical and mechanical processes of mixing suspensions in electromagnetic dispersants based on the use of energy of a constant electromagnetic field, creating in the working volume of the device magneto-liquid layer of the working elements (single agitators) of cylindrical shape. On the basis of the laws of hydrodynamics and the fundamental theory of the electromagnetic method of mechanical activation, a mathematical model of the process of mixing suspensions in Electromechanical dispersants is developed, which ensures the creation of sufficient turbulence in the working volumes of the apparatus for the uniform distribution of the dispersed solid phase in the dispersion medium. The results of the analysis of the obtained data confirm that the main influence on the shape of the circumferential velocity profile is exerted by the transfer of the angular momentum by turbulent pulsations arising as a consequence of the presence of the velocity gradient. As the resistance of internal devices (magneto-fluidized layer of ferromagnetic elements) increases, a significant role in the transfer of the moment begins to play a meridional fluid circulation, the gradient of the circumferential velocity decreases. The article also presents and analyzes the results of experimental studies of processes on devices representing the subject of inventions. It is proved that the obtained mathematical model based on the fundamental laws of hydrodynamics and physics adequately describes the process of mixing suspensions in electromagnetic mixers. The article is both theoretical and applied. The assumption is confirmed that the main influence on the profile shape of the circumferential speed of providing the transfer of moment of momentum of the turbulent pulsations that occur as a consequence of the presence of velocity gradient. The mathematical model can be used in the design of Electromechanical dispersants with a high degree of efficiency and intensity of the mixing process, which will provide high selectivity of solid particle processing in the dispersed medium of the processed suspension.

C. 118

### **УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПИЩЕВОГО МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ ВОЛЧКОВ**

Аспирант **И.И. УСМАНОВ**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)

191002, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Ключевые слова: измельчение, мясо, деформация, энергоёмкость, трение, давление, волчок*

Здоровье населения нации, а также продовольственная независимость и безопасность России определяются одной из ведущих отраслей промышленности страны – пищевой. При этом мясная и рыбная отрасли являются крупнейшими составляющими пищевой индустрии, которая предназначена для обеспечения потребителей пищевыми продуктами, содержащими белки, жиры, витамины, минеральные вещества, микроэлементы в наиболее сбалансированном соотношении.

Мясная и рыбная продукция, как основной источник незаменимых, жизненно важных аминокислот, в объеме продовольственного потребления занимает во всех её видах главенствующее положение, а мясоизмельчительное оборудование и, в первую очередь, волчки и мясорубки, являются базовым перерабатывающим технологическим оборудованием. Анализ современного состояния технологического парка промышленных отечественных производств, занимающихся изготовлением и эксплуатацией данного вида техники, а также переработкой мясного и рыбного сырья, свидетельствует о том, что технический уровень этого оборудования пока нельзя признать удовлетворительным.

На сегодняшний день около 42% производственных фондов пищевых предприятий требует замены, более 25% подлежат модернизации и лишь 19% находятся на уровне мировых стандартов. Кроме того, около 30% всего парка пищевого технологического оборудования эксплуатируется более двух амортизационных сроков. При этом степень износа машин и основных средств составляет почти 70%. Свыше 27% объема пищевого оборудования составляет импортная техника.

Рассматривая системно проблему совершенствования шнекового мясоизмельчительного оборудования, необходимо связывать ее с динамикой развития рынка мясного и рыбного сырья, а также с необходимостью максимального энергосбережения и сохранения качества продукта.

P. 118

### **THE SPECIFIED CALCULATION OF MINIMUM PRESSURE OF FOOD MATERIAL IN ZONE OF TOPS CUTTING**

Postgraduate Student **I.I. USMANOV**

(Federal Public Autonomous Educational Institution of Higher Education «Saint -Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics», e-mail: ilhomusmanov@mail.ru)  
191002, Russian Federation, Saint-Petersburg, Lomonosov ul., 9

*Keywords: grinding, meat, deformation, energy intensity, friction, pressure, top*

Health of the population of the nation, as well as food independence and security of Russia are determined by one of the leading industries of the country – food. At the same time, the meat and fish industries are the largest components of the food industry, which is designed to provide consumers with food products containing proteins, fats, vitamins, minerals, trace elements in the most balanced ratio.

Meat and fish products, as the main source of essential, vital amino acids, in the volume of food consumption occupies a dominant position in all its types, and meat-grinding equipment and, first of all, tops and meat grinders, are the basic processing technological equipment.

Analysis of the current state of the technological Park of industrial domestic industries engaged in the manufacture and operation of this type of equipment, as well as the processing of meat and fish raw materials, indicates that the technical level of this equipment can not yet be considered satisfactory. To date, about 42% of the production assets of food enterprises require replacement, more than 25% are subject to modernization and only 19% are at the level of international standards. In addition, about 30% of the total fleet of food processing equipment operated more than two depreciation periods. At the same time, the degree of wear of machines and fixed assets is almost 70%. More than 27% of the volume of food equipment is imported machinery.

Considering the systemic problem of improving screw meat-grinding equipment, it is necessary to associate it with the dynamics of the market of meat and fish raw materials, as well as the need for maximum energy saving and preservation of product quality.

C. 123

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН НА КАРУСЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ**

Кандидат технических наук **А.Н. ПЕРЕКОПСКИЙ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства  
ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: aperekopskii@mail.ru)  
196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п.о.Тярлево, Фильтровское шоссе, д. 3

*Ключевые слова: карусельная сушилка, сушка, влажность семян трав*

В статье представлены результаты исследований процесса сушки семян многолетних трав в карусельной сушилке. Цель исследований – получение экспериментальных данных и выявление технологических особенностей послеуборочной сушки мелкосеменных культур. В условиях Ленинградской области поступающий после уборки семенной ворох в большинстве случаев влажный. Наиболее важным и затратным по расходу топлива, затратам труда в производстве семян трав является процесс их сушки. Региональными особенностями процесса сушки семян является

относительно невысокая (до 55 °С) температура агента сушки в связи с высокой влажностью вороха семян. Для получения зависимости продолжительности сушки от средней температуры теплоносителя исследования проводились на семенах тимopheевки луговой слоем толщиной до 0,45 м. Экспериментальные исследования процесса сушки показали, что температура теплоносителя по мере прохождения его через слой семян снижается, при этом снижается и температура высушиваемых семян. Скорость испарения влаги из семян каждой зоны сушки различная, причем чем дальше расположена зона по направлению движения теплоносителя, тем медленнее сохнут семена. При сушке семян трав в слое необходимо, чтобы толщина его была оптимальной, соответствующей параметрам теплоносителя и влажности семян. Предельно допустимым слоем семян необходимо считать такой слой, при выходе из которого теплоноситель полностью насытится влагой. При сушке в более тонком слое, наряду с сокращением продолжительности сушки, снижается степень использования теплоносителя.

P. 123

### RESEARCH OF SEED DRYING PROCESS IN CARRUSEL DRYER

Candidate of Technical Sciences **A.N. PEREKOPSKY**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) –  
Branch of FSBSI FSAC VIM, e-mail: aperekopskii@mail.ru)  
196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye shosse, 3

*Keywords: carrusel dryer, drying, grass seeds moisture content*

The article presents the study results of the drying process of perennial grass seeds in a carrusel dryer. The study aim was to obtain the experimental data and to identify the technological features of the post-harvest drying of small seed crops. Under conditions of Leningrad Region, the harvested sheaves of grass used for seeds have usually high moisture content. Therefore, the most important and costly for fuel consumption, labor costs in the production of grass seed is the process of their drying. The regional specific features of seed drying is the relatively low (up to 55 °С) temperature of the drying agent due to the high moisture content of the harvested seeds. To obtain the dependence of the drying time on the average temperature of the heat carrier, the study was conducted on the common timothy seeds in the layer up to 0.45 m thick. The study showed that the heat carrier temperature decreased as it passed through the seed layer, and the temperature of the dried seeds decreased as well. The rate of seed moisture evaporation in each drying zone was different; the further the zone was located in the direction of the heat carrier movement, the slower the seeds were drying up. When drying the grass seeds in a layer, the thickness of the latter needs to be optimal, corresponding to the heat carrier parameters and the seed moisture content. The seeds layer, exiting which the heat carrier is completely saturated with moisture, is to be considered the maximum allowable one. When drying the seeds in a thinner layer, the efficiency of the heat carrier utilization decreases along with the reduction in the drying duration.

C. 128

### ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ РЫХЛЕНИЯ И АГРОСРОКОВ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И КАРТОФЕЛЯ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ГРЕБНЕ

Кандидат технических наук **В.И. ШАМОНИН**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), e-mail: shamonin-75@mail.ru

Кандидат технических наук **А.В. СЕРГЕЕВ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), e-mail: sergoti@yandex.ru

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п.о.Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3

**Ключевые слова:** *глубина рыхления, агросрок, междурядная обработка, нарезка гребней, овощные культуры и картофель, водно-воздушный режим, почва, технологические операции*

В статье представлены результаты исследований влияния глубины рыхления и агросроков междурядной обработки овощных культур открытого грунта и картофеля на динамику изменения водно-воздушного режима почвы в гребне.

Для анализа полученных результатов и обоснования требований к технологическому процессу междурядной обработки посадок картофеля были проведены лабораторно-полевые исследования с применением традиционной (с применением культиватора КНО-2,8) и предлагаемой технологии (с применением экспериментального культиватора-глубокорыхлителя КОР-2,8 конструкции ИАЭП-ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

В результате проведенных исследований определены оптимальные агросроки (от 10-12 дней между обработками) проведения междурядных обработок овощных культур открытого грунта и картофеля в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы (влажности, плотности и пористости) в гребне и количество этих обработок в зависимости от погодных условий (в среднем 3-4 раза, а при переувлажнении почвы или в засушливый период до 5-6 раз за сезон). Результаты исследований позволяют оценить состояние водно-воздушного режима почвы в процессе роста растений и определить на основании полученных показателей необходимость проведения требуемой технологической операции, а также определить оптимальную глубину рыхления междурядий (10-15 см) в зависимости от показателей водно-воздушного режима почвы. Применение при нарезке гребней и междурядной обработке культиватора КОР-2,8 (предлагаемая технология) обеспечивает обработку почвы на всю глубину пахотного слоя и позволяет добиться существенного улучшения водно-воздушного режима почвы в гребне по сравнению с культиватором КНО-2,8 (традиционная технология).

P. 128

#### **INFLUENCE OF LOOSENING DEPTH AND AGROTIMING OF THE INTERTILLAGE TREATMENT OF VEGETABLE CROPS AND POTATOES ON DYNAMICS CHANGES IN WATER -AIR REGIME OF SOIL IN RIDGE**

Candidate of Technical Sciences **V.I. SHAMONIN**

(Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production, IEPA – branch of FSBI FNATS VIM), e-mail: shamonin-75@mail.ru

Candidate of Technical Sciences **A.V. SERGEEV**

(Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production, IAEP – Branch of Federal Research and Development Center VIM), e-mail: sergoti@yandex.ru  
196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, pp. Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

**Keywords:** *loosening depth, time, inter-tillage treatment, ridges cutting, vegetable crops and potatoes, water-air regime, soil, technological operations*

The article presents the results of studies of the influence of loosening depth and agro timing of inter-tillage treatment of vegetable crops in the open ground and potatoes on the dynamics of changes in the water-air regime of the soil in the ridge.

For the analysis of the results and substantiation of the requirements for the technological process of inter-tillage treatment of potato plantations, field-laboratory studies were conducted using traditional (using a KNO-2.8 cultivator) and the proposed technology (using an experimental KOR-2.8 deep-ripper cultivator – FILIAL OF FSBI FNATS VIM).

As a result of the conducted research, the optimal agro timing (from 10-12 days between treatments) for carrying out inter-tillage treatments of vegetable crops of open ground and potatoes were determined depending on the indicators of the water-air regime of the soil (humidity, density and porosity) in the ridge and the number of these treatments depending on weather conditions (on average 3-4 times, and when watering the soil or during the dry season, up to 5-6 times per season). The research results allow to assess the state of the water-air regime of the soil in the process of plant growth and determine, based on the obtained indicators, the need for the required technological operation, as well as determine the optimal loosening depth between the rows (10-15 cm) depending on the indicators of the water-air regime of the soil.



Application when cutting ridges and inter-row cultivation of the cultivator KOR-2.8 (the proposed technology), provides soil treatment to the entire depth of the arable layer and allows to achieve a significant improvement in the water-air regime of the soil in the ridge compared to the CCW-2.8 cultivator).

C. 134

### ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА КОРОВНИКА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Доктор технических наук **В.Ф. ВТОРЫЙ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: vvtoryj@yandex.ru)

Кандидат технических наук **С.В. ВТОРЫЙ**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: 2vt\_1981@list.ru)

Аспирант **Р.М. ИЛЬИН**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: Iinrom@yandex.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п.о.Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3

*Ключевые слова: коровник, микроклимат, температурно-влажностный режим*

Для крупного рогатого скота, и в частности, для дойных коров важным является период перехода от зимнего содержания к летнему. В это время среднесуточная температура наружного воздуха из минусового диапазона переходит в плюсовую, что способствует созданию более благоприятных условий для животных. Исследования в типовом коровнике на 200 голов дойного стада с привязным содержанием показали, что с 1 на 2 апреля 2018 года среднесуточные температуры наружного воздуха перешли от отрицательных значений к положительным. За период наблюдений средняя температура наружного воздуха составила + 5,0°C (от -2,4°C до +11,6°C), температура воздуха внутри помещения составила +14,1°C (от +6,2°C до +14,6°C). За этот период средняя относительная влажность воздуха, как с наружи, так и внутри коровника выросла на 4-5% при индексе ТНІ = 56 ÷ 65 и росте молочной продуктивности животных, что свидетельствует о благоприятных микроклиматических условиях в коровнике. Полученные уравнения регрессии описывают зависимости температуры и относительной влажности воздуха в коровнике от изменения температуры и относительной влажности воздуха вне коровника. Коэффициенты детерминации  $R^2 = 0,846$  и  $0,866$  свидетельствуют о тесной взаимосвязи между переменными. В то же время существует ряд факторов, оказывающих влияние на эти параметры, но не имеющих сегодня математического описания.

C. 134

### RESEARCH OF THE TEMPERATURE AND MOISTURE CONDITIONS IN THE DAIRY BYRE DURING WINTER AND SPRING PERIOD

Doctor of Technical Sciences **V.F. VTORY**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, e-mail: vvtoryj@yandex.ru)

Candidate of Technical Sciences **S.V. VTORY**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, e-mail: 2vt\_1981@list.ru)

Postgraduate Student **R.M. ILYIN**

(Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, e-mail: Iinrom@yandex.ru)

196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoye shosse, 3

*Keywords: dairy byre, microclimate, temperature and moisture conditions*

The transition period from winter housing to the summer is significant to the cattle and in particular for dairy cows. At this time the average daily temperature of external air passes from minus range into plus which contributes to creation of more favorable conditions for animals. The research in the typical dairy byre on 200 heads of milking herd with tie-up housing testified that from the 1<sup>st</sup> of April to the 2<sup>nd</sup>, 2018 the average daily temperatures of external air passes from negative values to positive. During the period of the research the average temperature of outer air was 5,0°C (from -2,4°C to 11,6°C), the indoors air temperature was 14,1°C (from 6,2°C to 14,6°C). At this time the average medium relative humidity, both of the outer and indoors air of the dairy byre grew up on 4-5% with the index THI=56-65 and with the growth of milk producing ability of the animals, that testifies to favorable microclimatic conditions in the dairy byre. The regression equations founded describe the dependence of the temperature variations and the relative air humidity outside the byre. The determination coefficients  $R^2=0,846$  and  $0,866$  indicate the strong correlation between variables. At the same time there are several factors affecting these parameters, but not having a mathematical description today.

C. 140

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АНАЛИЗА РАБОТЫ САМОТЕЧНОЙ СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Кандидат технических наук **А.В. ТРИФАНОВ**

(«Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства» – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: trifanovav@mail.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3

Доктор технических наук, профессор **В.В. КАЛЮГА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kaljuga-v@mail.ru)

196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

Соискатель **В.И. БАЗЫКИН**

(«Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства» – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: valentin-bazykin@mail.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3

*Ключевые слова: сельское хозяйство, свиноводство, удаление навоза, высота остаточного слоя навоза*

При реконструкции и новом строительстве свиноводческих предприятий наиболее распространено применение самотечной системы удаления навоза периодического действия. Отличие самотечной системы состоит в том, что под каждым навозоприемным каналом проложены пластиковые канализационные трубы.

Использование данной системы позволяет практически полностью автоматизировать процесс удаления навоза и при грамотной эксплуатации снизить негативное воздействие свиноводческих предприятий на окружающую среду за счет сокращения годового выхода навоза. Для повышения эффективности использования самотечной системы удаления навоза периодического действия необходимо разработать теоретические предпосылки к анализу ее работы.

В период накопления навозная масса обладает потенциальной энергией. При опорожнении ванны происходит выпуск навозной массы под действием силы тяжести и гидростатического напора в коллектор, расположенный под навозоприёмным каналом. При этом потенциальная энергия  $E_{\text{п}}$  переходит в кинетическую.

При достижении относительной влажности 92% происходит интенсивный переход однофазной системы в двухфазную, которая сопровождается образованием осадка и свободной жидкости, что значительно увеличивает значения плотности, вязкости и начального напряжения сдвига и затрудняет работу самотечной системы удаления навоза.

Можно сделать вывод, что оптимальной для нормальной работы самотечной системы навозоудаления является влажность навозной массы в пределах 86-91%.

Уравнение определения высоты остаточного слоя навоза можно получить из логических рассуждений, приравняв касательное напряжение и напряжение, создаваемое давлением, в отсутствие движения навозной массы. Так как противодействует смещению верхнего слоя навозной массы под действием проекции силы тяжести, соответственно, в уравнение необходимо ввести уклон поверхности.

C. 140

### **THEORETICAL PRECONDITIONS OF THE WORK ANALYSIS OF THE SELF-FLOWING SYSTEM OF PERIODIC ACTION FOR MANURE REMOVING**

Candidate of Technical Sciences **A.V. TRIFANOV**

(«Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production» – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (IEEP – BRANCH OF FSAC VIM), e-mail: trifanovav@mail.ru)

The Doctor of Technical Sciences, Professor **V.V. KALYUGA**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kaljuga-v@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Applicant **V.I. BAZYKIN**

(«Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production» – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (IEEP – BRANCH OF FSAC VIM), e-mail: valentin-bazykin@mail.ru)  
196625, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

*Keywords: agriculture, pig breeding, manure removing, the height of the manure residual layer*

During the reconstruction and new construction of pig-breeding enterprises, the use of a self-flowing system of periodic action for manure removal is most common. The difference of the self-flowing system is that plastic sewers are laid under each manure-collecting channel.

The use of this system makes it possible to almost completely automate the process of manure removal and, in case of competent operation, reduce the negative impact of pig-breeding enterprises on the environment by reducing the annual manure output. In order to increase the efficiency of the use of a self-flowing system of periodic action for manure removing, it is necessary to develop theoretical prerequisites for analyzing its work.

During the accumulation period, the manure mass has a potential energy. When the bath is emptied, the manure mass is released under the action of gravity and hydrostatic pressure into the reservoir, located under the manure-receiving channel. In this case, the potential energy goes into kinetic.

When the relative humidity is reached 92%, an intensive transition of a single-phase system to a two-phase occurs, which is accompanied by the formation of sludge and free liquid, which significantly increases the density, viscosity and initial shear stress and impedes the operation of the gravity removal system.

It can be concluded that the moisture content of the manure mass in the range of 86-91% is optimal for the normal operation of the self-flowing manure removal system.

The equation for determining the height of the residual layer of manure can be obtained from logical reasoning by equating the shear stress and stress created by pressure in the absence of movement of the manure mass. Since it counteracts the displacement of the upper layer of the manure mass under the action of the projection of gravity, the surface slope must be entered in the equation, respectively.

С. 147

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАВОЗОСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ ДОИЛЬНЫХ ЗАЛОВ И ПЛОЩАДИ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ИХ УТИЛИЗАЦИИ**Научный сотрудник **Т.Ю. МИРОНОВА**

(Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: mironova-tat@mail.ru)

196625, Российская Федерация, Санкт-Петербург, п.о.Тярлево, Филтровское шоссе, д. 3

*Ключевые слова: навозосодержащие стоки, проектирование, методика расчета, доильный зал, теплица*

Основным отходом, образующимся в доильном зале, являются навозосодержащие стоки. Представлена методика расчета суточного количества этих стоков, учитывающая количество дойных коров, размер технологической группы, тип и размер доильной установки. Изложена экологически безопасная технология утилизации навозосодержащих стоков доильного зала, суть которой заключается в использовании их в качестве питательного раствора в культивационных сооружениях для подкормки цветочных культур. Описан алгоритм расчета площади теплицы для полной утилизации навозосодержащих стоков, выходными параметрами которого, кроме площади теплицы, являются: доза дополнительного внесения минеральных удобрений (азота, фосфора, калия) и количество поливной воды на полученную площадь в зависимости от выращиваемой культуры. Используя приведенные формулы и алгоритмы расчета, можно определить суточный выход навозосодержащих стоков доильных залов, требуемые объемы для их хранения и площади для утилизации. Это позволит уже на этапе принятия планировочных и технологических решений ферм рассчитать примерные затраты на хранение и утилизацию.

Р. 147

**DETERMINATION OF THE QUANTITY OF THE MANURE-CONTAINING DRAINS OF MILKING PARLORS AND AREA OF THE GREENHOUSE FOR THEIR UTILIZATION**Researcher **T.Yu. MIRONOVA**

(Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the FSBI FNATS VIM, e-mail: mironova-tat@mail.ru)

196625, Russian Federation, St. Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe Shosse, 3

*Keywords: manure-containing drains, design, calculation method, milking parlor, greenhouse*

The manure-containing effluents are the main waste generated in the milking parlor. A method for calculating the daily amount of these wastewaters is presented, taking into account the number of milk cows, the size of the technological group, the type and size of the milking plant. The ecologically safe technology of utilization of manure-containing effluents of the milking parlor is outlined, the essence of which is to use them as a nutrient solution in cultivation structures for feeding flower crops. The algorithm for calculating the area of the greenhouse for the full utilization of manure-containing effluent is described, the output parameters of which, besides the area of the greenhouse, are: the dose of additional mineral fertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium) and the amount of irrigation water per area obtained, depending on the crop. Using the above formulas and calculation algorithms, you can determine the daily yield of manure stock of milking parlors, the required volumes for their storage and the area for disposal. This will make it possible to calculate the approximate storage and disposal costs at the planning and technological decisions of the farms.

С. 152

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАКРЫТОГО  
КОМПОСТИРОВАНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННОЙ  
АЭРАЦИИ**

Аспирант **М.И. ФАЙЗУЛЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Ижевская ГСХА, e-mail: faizullin12@mail.ru)  
426069, Российская Федерация, ПФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, Студенческая, д. 11

*Ключевые слова: навоз, компост, ферментация, аэрация, аэробные бактерии, температура навоза*

В Российской Федерации во всех категориях хозяйств занято более 2 млн га земли под хранение навоза. Отходами животноводства покрыта площадь, равная почти половине территории Московской области. И этот ресурс представляет реальную экологическую угрозу. Перспективной и энергоэффективной технологией является искусственная вентиляция навозного бурта (метод принудительной аэрации навоза при компостировании). Обеспечение внутренних объёмов навозного бурта кислородом обеспечивает ускоренное развитие аэробных бактерий, в процессе жизнедеятельности которых происходит интенсивное нагревание продукта вплоть до температур 60–70 °С. После этого происходит уничтожение болезнетворной микрофлоры и самообеззараживание навоза в течение 1–2 месяцев. Вследствие этого не требуется ворошить весь объём бурта, а также нет необходимости в закупке дорогостоящей специализированной техники. При этом выявлено влияние управляемых факторов на этот процесс; научно обоснованы предлагаемые технические решения, методы и режимы утилизации и/или переработки отходов. Таким образом, представлена разработанная лабораторная установка по ускоренному буртовому компостированию подстилочного навоза (соломонавозной смеси), описана методика проведения лабораторных исследований, способы контроля температуры. Составлена матрица планирования эксперимента по трёхуровневому трёхфакторному плану Бокса-Бенкина.

Р. 152

**EXPERIMENTAL PART OF THE RESEARCH PROCESS OF CLOSED COMPOSTING  
OF THE BEDDING MANURE BY THE METHOD OF ARTIFICIAL AERATION**

Postgraduate Student **M.I. FAYZULLIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Izhevsk State Agricultural Academy, e-mail: faizullin12@mail.ru)  
426069, Russian Federation, VFD, Udmurt Republic, Izhevsk, Studentskaya, 11

*Keywords: manure, compost, fermentation, aeration, aerobic bacteria, manure temperature*

In the Russian Federation in all categories of farms more than 2 million hectares of land are occupied by manure storage. Livestock waste is covered an area equal to almost half of the territory of the Moscow region. And this resource is a real environmental threat. A promising and energy efficient technology is artificial ventilation of a manure (method of forced aeration of manure during composting). Providing the internal volumes of the manure with oxygen provides accelerated development of aerobic bacteria, during the life of which intensive heating of the product occurs up to temperatures of 60–70 °C. After that, the destruction of the pathogenic microflora and self-disinfection of manure occurs within 1–2 months. As a result, it is not necessary to agitate the entire volume of the collar, and there is no need to purchase expensive specialized equipment. At the same time, the influence of controlled factors on this process was revealed; proposed technical solutions, methods and modes of waste utilization and / or recycling are scientifically grounded. Thus, the developed laboratory installation for the accelerated burt composting of bedding manure (straw-manure mixture) is presented, the methods of laboratory research, methods of temperature control are described. An experiment planning matrix was compiled using a three-level three-factor Box-Benkin plan.

С. 157

**ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ИНЖИНИРИНГА  
ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**Кандидат технических наук **С.В. ГУЛИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: serg.gulin2010@yandex.ru)

Кандидат технических наук **А.Г. ПИРКИН**(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: pirkin.ag@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2*Ключевые слова: электротехнологическая система, бизнес-инжиниринг, бизнес-процесс, вегетационная климатическая установка*

В данной статье предложена универсальная методология в сферах проектирования, создания и эксплуатации сложных электротехнологических систем. Эта методология базируется на системно-процессном подходе к бизнес-моделированию.

В статье дается подробное описание всех частных бизнес-процессов, обеспечивающих весь цикл бизнес-инжиниринга. Кроме этого, предлагается общее математическое выражение для комплексной оценки эффективности процесса бизнес-инжиниринга.

Предлагаемая методология апробирована на примере проектирования, создания и эксплуатации вегетационных климатических установок (ВКУ). Рассмотренный пример показывает возможность проводить достаточно серьезные научные исследования на стыке биологии и энергетики, позволяющие создавать современные самонастраивающиеся системы автоматического регулирования микроклимата при выращивании растений.

Применение инжиниринговых методов позволяет повысить эффективность разработок информационных систем автоматического контроля параметров важнейших физиологических процессов (фотосинтеза, транспирации и др.) в растениях при воздействии факторов внешней среды.

В статье обозначены перспективы развития предметной области инжиниринга в направлении от решения частных задач к комплексному энергоинжинирингу, а энергетического бизнеса – от торговли отдельными услугами к торговле моделями и технологиями.

Р. 157

**FEATURES OF BUSINESS ENGINEERING IN ELECTROTECHNOLOGICAL SYSTEMS  
CREATING**Candidate of Technical Sciences **S.V. GULIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: serg.gulin2010@yandex.ru)

Candidate of Technical Sciences **A.G. PIRKIN**(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: pirkin.ag@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2*Keywords: electrotechnological system, business engineering, business process, growing climatic system*

This article proposes a universal methodology in the areas of design, creation and operation of complex electrical systems. This methodology is based on a system-process approach to business modeling.

The article provides a detailed description of all private business processes that provide the entire cycle of business engineering. In addition, a general mathematical expression is proposed for a comprehensive assessment of the effectiveness of the business engineering process.

The proposed methodology has been tested on the example of the design, creation and operation of growing climatic systems (GCS). The considered example shows the possibility to conduct quite serious

scientific studies at the junction of biology and energy, allowing to create modern self-adjusting systems of automatic microclimate control for growing plants.

The use of engineering methods allows to increase the efficiency of development of information systems for automatic control of the parameters of the most important physiological processes (photosynthesis, transpiration, etc.) in plants when exposed to environmental factors.

The article outlines the prospects for the development of the subject area of engineering in the direction from particular problems solving to integrated energy engineering, and the energy business from individual services trading to models and technologies trading as well.

C. 163

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

Аспирант **В.Е. КАЗАРИН**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: kazarin-08@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: светодиод, коэффициент запаса, освещение, энергоэффективность, световой прибор*

В статье рассмотрены проблемы несовершенства нормативно-технической базы количественных параметров светодиодных осветительных приборов, предложены пути решения данной проблемы.

В статье проанализированы светотехнические характеристики осветительных установок, три методики расчета систем внутреннего освещения, приведены основные формулы, которые демонстрируют влияние коэффициента запаса на параметры внутреннего общего, эвакуационного и аварийного освещения выбранного объекта.

Анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры осветительной установки на примере расчета внутреннего освещения светодиодными световыми приборами сельхозпредприятия позволил выявить ряд функциональных зависимостей:

- энергоэффективность светодиодной установки от значения коэффициента запаса;
- нагрузки на электрическую сеть от значения коэффициента запаса;
- показатель освещённости от значения коэффициента запаса;
- количество светодиодных источников света от значения коэффициента запаса.

Описанная в статье проведенная исследовательская работа имеет большую практическую значимость, так как выявила влияние коэффициента запаса на параметры осветительной установки. Описание методик расчета освещения позволяет в полной мере проанализировать влияние коэффициента запаса, что наглядно продемонстрировано на диаграммах и в таблицах статьи.

Точечный метод расчета системы аварийного освещения показал, что уменьшение значения коэффициента запаса приводит к увеличению освещённости на 1,33%. При расчёте методом коэффициента использования светового потока и методом удельной мощности уменьшение величины коэффициента запаса приводит к уменьшению числа световых приборов и к экономии электрической энергии в пределах от 23% до 30%.

В заключение статьи, на основании исследования, предлагается разработать универсальную таблицу коэффициентов запаса по научно-экспериментальным данным.

P. 163

### **ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE STOCK COEFFICIENT ON THE QUANTITATIVE PARAMETERS OF LIGHTING EQUIPMENT**

Postgraduate Student **V.E. KAZARIN**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: kazarin-08@mail.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

**Keywords:** LED, safety factor, lighting, energy efficiency, light device

The article deals with the problems of imperfections in the regulatory and technical base of quantitative parameters of LED lighting devices, and suggests ways to solve this problem.

The article analyzes the lighting characteristics of lighting installations, three methods for calculating interior lighting systems, provides basic formulas that demonstrate the effect of the safety factor on the parameters of the internal general, evacuation and emergency lighting of a selected object.

The analysis of the influence of the safety factor on the quantitative parameters of the lighting installation using the example of calculating the interior lighting with LED lighting devices of agricultural enterprises revealed a number of functional dependencies:

- energy efficiency of LED installation on the value of the safety factor;
- load on the electrical network from the value of the safety factor;
- indicator of illumination on the value of the safety factor;
- the number of LED light sources on the value of the safety factor.

The research work described in the article is of great practical importance, since it revealed the influence of the safety factor on the parameters of the lighting installation. The description of the methods for calculating the illumination allows you to fully analyze the effect of the safety factor, which is clearly demonstrated in the charts and tables of the article.

The point method of calculating the emergency lighting system showed that a decrease in the value of the safety factor leads to an increase in illumination by 1.33%. When calculating by the method of utilization of the luminous flux and by the method of specific power, a decrease in the value of the safety factor leads to a decrease in the number of light devices and to an electrical energy saving in the range from 23% to 30%.

In conclusion of the article, on the basis of the research, it is proposed to develop a universal table of safety factors for scientific and experimental data.

C. 168

### **ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧНОСТЬ СВЕТОКУЛЬТУРЫ**

**Доктор технических наук С.А. РАКУТЬКО**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: sergej1964@yandex.ru)  
196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2

**Соискатель Е.Н. РАКУТЬКО**

(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства», e-mail: elena.rakutko@mail.ru)  
196600, Россия, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д.3

**Ключевые слова:** светокультура, томат, спектр, математическая модель, биометрия

Целью исследований являлось получение коэффициентов аппроксимационных формул зависимости основных биометрических показателей растений томата в динамике, при их выращивании под излучением с различным спектральным составом. Объектом исследования являлись растения томата (*Solanum Lycopersicum L.*) сорт Полонез  $F_1$ , выращиваемые на торфяном субстрате. Сравнительный эксперимент проводили в светоизолированном лабораторном помещении. Уровень облученности поддерживали равный  $140 \text{ мкмоль} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{м}^{-2}$ , фотопериод 16 ч. Измерения биометрических параметров проводили на 22, 30, 38 и 46 день. Обоснована необходимость построения эмпирических математических моделей динамики биометрических параметров растения, которые позволяют оптимизировать продукционный процесс путем подбора необходимых сочетаний внешних факторов в целях повышения продуктивности растений. Предложен показатель спектрального состава излучения источников, характеризующий величину доли энергии длинноволнового излучения в общем потоке излучения ФАР, который предоставляет возможность количественно охарактеризовать многообразие спектральной информации одним числом. Выявлено существенное различие биометрических параметров растений томата, выращиваемых под



излучением с различным значением показателя. У растений, выращиваемых под излучением с большим значением показателя, наблюдаются большая высота, диаметр шейки стебля, сырая масса. При этом площадь листьев, их оптическая плотность, содержание хлорофилла и средняя величина флуктуирующей асимметрии было меньше у этих растений. Получены эмпирические модели основных биометрических параметров растения томата.

P. 168

### **IMPACT OF SPECTRAL RADIATION COMPOSITION ON ENERGY ENVIRONMENTAL LIGHT CULTURE**

Doctor of Technical Sciences **S.A. RAKUTKO**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: sergej1964@yandex.ru)  
196601, Russian Federation, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye shosse, 2

Applicant **E.N. RAKUTKO**

(FSBSI «Institute for Engineering and Environmental Issue in Agricultural Production»,  
e-mail: elena.rakutko@mail.ru)

196600, Russian Federation, Saint-Petersburg, Tyarlevo, Filtrovskoe shosse, 3

*Keywords: light culture, tomato, spectrum, mathematical model, biometrics*

The aim of the research was to obtain the coefficients of approximation formulas for the dependence of the main biometric indices of tomato plants in the dynamics, when growing them under radiation with a different light quality. The object of the study was tomato plants (*Solanum Lycopersicum L.*) variety Polonaise F1, grown on a peat substrate. The comparative experiment was carried out in a light-isolated laboratory room. The irradiance level was maintained at  $140 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-2}$ , the photoperiod was 16 h. Biometric parameters were measured at 22, 30, 38 and 46 days. The necessity of constructing empirical mathematical models of dynamics of plant biometric parameters that allow to optimize the production process by selecting the necessary combinations of external factors for the purpose of maximizing the productivity of plants is substantiated. An index of the spectral composition of the radiation of sources is proposed, which characterizes the fraction of the energy of long-wave radiation in the total flux of PAR radiation, which makes it possible to quantify a variety of spectral information in a single number. A significant difference in the biometric parameters of tomato plants grown under radiation with different index values was revealed. In plants grown under radiation with a higher index value, a greater height, the diameter of the stem neck, and a moist mass are observed. In this case, the area of the leaves, their optical density, the chlorophyll content and the average magnitude of the fluctuating asymmetry were less in these plants. Empirical models of the basic biometric parameters of tomato plants are obtained.

C. 174

### **УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ ДЛИННОГАБАРИТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук **П.Н. ТАТАЛЕВ**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: tatalev@mail.ru)

Старший преподаватель **Н.В. МАТЮШЕВА**

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», e-mail: 79118202213@mail.ru)  
196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2

*Ключевые слова: безопасность, мойка, экология, насос, цепь, электродвигатель, реверсивный магнитный пускатель*

В статье рассматривается устройство и оборудование для мойки длинногабаритных транспортных средств (трактора, автомобиля). Работа предлагаемого устройства осуществляется следующим способом. При включении в работу мойки происходит подача насосом моющей жидкости или воды в виде распыленных струй сверху, сбоков и снизу стоящего на бетонной эстакаде внутри каркаса транспортного средства (трактор, автомобиль).

Нахождение оператора (мойщика) вне зоны моющих струй способствует улучшению условий и безопасности труда. Предложенная мойка обеспечивает уменьшенный расход воды, так как первоначальный расход воды используется многократно (повторно). Предложенная компоновка стандартного оборудования позволяет проводить мойку различных по длине транспортных средств, как с нижней их части, так и сбоку, и сверху.

P. 174

### **MACHINE AND EQUIPMENT FOR LONG-SIZED VEHICLES WASHING**

Candidate of Agricultural Sciences **P.N. TATALEV**

(Federal State Budgetary Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: tatalev@mail.ru)

Senior Instructor **N.V. MATYUSHEVA**

(Federal State Budgetary Institution of Higher Education

«Saint-Petersburg State Agrarian University», e-mail: 79118202213@mail.ru)

196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, St. Petersburgskoye shosse, 2

*Keywords: safety, washing, ecology, pump, circuit, electric motor, reversible magnetic starter*

The article discusses the machine and equipment for washing long-sized vehicles (tractors, cars). The operation of the proposed machine is carried out as follows. When the washing is switched on, the pump is supplied with a washing liquid or water in the form of sprayed jets on the top, sides and bottom of the vehicle standing on a concrete platform inside the vehicle frame (tractor, car).

Finding an operator (washer) outside the zone of washing streams contributes to the improvement of working conditions and safety. The proposed washing provides a reduced water flow, as the initial water flow is used repeatedly (repeatedly). The proposed layout of standard equipment allows for the washing of vehicles of different lengths, both from the bottom, and from the side, and from above.

## 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);
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния (сельскохозяйственные науки);
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем (технические 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); «**Л и т е р а т у р а**» (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: от 5 до 7 источников*, включая иностранные, оформляется общим списком в конце статьи и представляется на русском языке и в **транслитерации (латиницей)**. 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» (либо предоставляются по запросу редакции).

5. Статьи, предоставляемые в редакцию, не возвращаются. Сторонние авторы предоставляют лицензионный договор.

6. Стоимость публикации 1 страницы для сторонних авторов – 500 руб., стоимость журнала – 850 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 (54)

Подписано к печати 29.03.2019 г.  
Формат 60×84 1/8. П.л. 27. Тираж 500. Заказ 45.  
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов  
в Издательско-полиграфическом комплексе  
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета  
г. Пушкин, Петербургское шоссе., д. 2