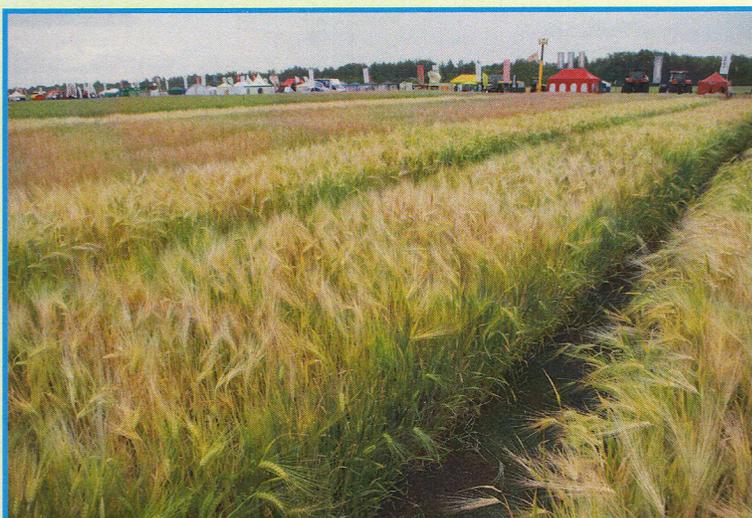
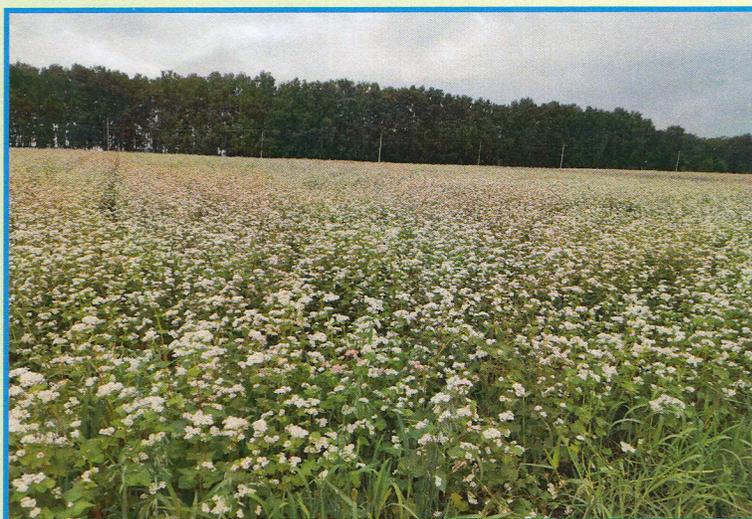


ISSN 2072-9081 (print)
ISSN 2500-1396 (online)

АГРАРНАЯ НАУКА ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

Научный журнал
Федерального аграрного
научного центра
Северо-Востока
имени Н.В. Рудницкого



Том 20
№4
2019

Vol. 20
no. 4
2019

© Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»
(ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций

Свидетельство
ПИ №ФС77-72290
от 01.02.2018 г.

Цель журнала – публикация и распространение результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского и охотничьего хозяйств, при приоритетном освещении проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем северных территорий к меняющимся климатическим условиям.

Целевая аудитория – научные работники, преподаватели, аспиранты, докторанты, магистранты, специалисты АПК из России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

Рубрики журнала:

- ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ
- ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ (Растениеводство, Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции, Кормопроизводство, Земледелие, агрохимия, мелиорация, Зоотехния, Ветеринарная медицина, Звероводство, охотоведение, Механизация, электрификация, автоматизация, Экономика)
- ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- РЕЦЕНЗИИ
- ХРОНИКА

Контент доступен под
лицензией Creative
Commons Attribution 4.0
License



Главный редактор – Сысуев Василий Алексеевич – д.т.н., профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Зам. главного редактора – Рубцова Наталья Ефимовна – к.с.-х.н., доцент, зав. научно-организационным отделом ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Ответственный секретарь – Соболева Наталия Николаевна, инженер по НТИ научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Редакционный совет

Андреев Николай Руфеевич д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопродуктов, г. Москва, Россия

Багиров Вугар Алиевич д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, г. Москва, Россия

Баранов Александр Васильевич д.б.н., профессор, г. Кострома, Россия

Баталова Галина Аркадьевна д.с.-х.н., профессор, академик РАН, зам. директора по селекционной работе, зав. отделом овса ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Гурьянов Александр Михайлович д.с.-х.н., профессор, директор Мордовского НИИСХ - филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия

Дёгтева Светлана Владимировна д.б.н., врио директора Института биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Джавадов Эдуард Джавадович д.в.н., заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры эпизоотологии им. В.П.Урбана Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия

Еремин Сергей Петрович д.в.н., профессор, заведующий кафедрой «Частная зоотехния, разведение с.-х. животных и акушерство» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

Иванов Дмитрий Анатольевич д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, г. Тверь, Россия

Казакевич Пётр Петрович д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь

Костяев Александр Иванович д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия

Косолапов Владимир Михайлович д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса

Куликов Иван Михайлович д.э.н., профессор, академик РАН, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия

Леднев Андрей Викторович д.с.-х.н., доцент, руководитель, главный научный сотрудник Удмуртского НИИСХ - структурного подразделения Удмуртского ФИЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия

Li Yu профессор, научный руководитель Цзилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай

Мохнаткин Виктор Германович д.т.н., профессор Вятской государственной сельскохозяйственной академии, заслуженный изобретатель Российской Федерации, г. Киров, Россия

Журнал включен
в **Перечень рецензируемых
научных изданий,
в которых должны быть
опубликованы основные
научные результаты
диссертаций на соискание
ученых степеней
кандидата и доктора наук**

Журнал включен в базы данных
РИНЦ, AGRIS, Russian Science
Citation Index (RSCI) на ведущей
мировой платформе
Web of Science, BASE, Dimensions,
Ulrich's Periodicals Directory,
DOAJ.

Полные тексты статей доступны
на сайтах электронных научных
библиотек: eLIBRARY.RU:
<http://elibrary.ru>; ЭНЦХБ:
<http://www.cnshb.ru/elbib.shtm>;
CYBERLENINKA:
<https://cyberleninka.ru>;
журнала: <http://www.agronauka-sv.ru>

Журнал включен
в Реферативный журнал
и Базы данных ВИНИТИ.

Оформить подписку
можно в любом
почтовом отделении
по каталогу «Пресса России»
подписной индекс 58391

Электронная версия журнала:
<http://www.agronauka-sv.ru>

Адрес издателя и редакции:
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а,
тел./факс (8332) 33-10-25;
тел. (8332) 33-07-21

www.agronauka-sv.ru

E-mail: agronauka-esv@fanc-sv.ru

Техническая редакция,
верстка И.В. Кодочигова

Макет обложки
Н.Н. Соболева

Подписано к печати
28.08.2019 г.

Дата выхода в свет
11.09.2019 г.

Формат 60x84^{1/8}.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 13,02

Тираж 100 экз. Заказ 32.

Цена свободная

Отпечатано с оригинал-макета

Типография ФГБНУ ФАНЦ
Северо-Востока

610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

**Никонова Галина
Николаевна**

д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, руководитель отдела прогнозирования трансформации экономических структур и земельных отношений Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия

**Пашкина Юлия
Викторовна**

д.в.н., Почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры «Эпизоотология, паразитология и ветсанэкспертиза» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

Kaisa Poutanen

профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии, г. Эспоо, Финляндия

Wazlaw Romaniuk

д.т.н., профессор, Технолог-природоведческий институт, г. Варшава, Польша

**Савченко
Иван Васильевич**

д.б.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела растительных ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений, г. Москва, Россия

**Самоделькин
Александр
Геннадьевич**

д.б.н., профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

**Сафонов Владимир
Георгиевич**

д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова, г. Киров, Россия

**Сисягин
Павел Николаевич**

д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

**Титова
Вера Ивановна**

д.с.-х.н., профессор, заслуженный агрохимик РФ, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

**Токарев
Антон Николаевич**

д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия

**Цой
Юрий Алексеевич**

д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

Ren Changzhong

Президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный член РАН, г. Байчен, Китай

**Юнусов Губейдулла
Сибятулович**

д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции Аграрно-технологического института Марийского государственного института, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, Россия

Редакционная коллегия

**Агалакова Татьяна
Владимировна**

к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории ветеринарной иммунологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Брандорф
Анна Зиновьевна**

д.с.-х.н., Врио директора Федерального научного центра по пчеловодству, г. Рыбное, Россия

**Бурков Александр
Иванович**

д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник, зав. лабораторией зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Веселова Наталья
Васильевна**

к.с.-х.н., ученый секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Ивановский
Александр
Александрович**

д.в.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией ветеринарной биотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Козлова Людмила
Михайловна**

д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. отделом земледелия, агрохимии и мелиорации ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Костенко Ольга
Владимировна**

к.э.н., доцент, врио проректора по экономике и инновациям Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

**Рябова Ольга
Вениаминовна**

к.б.н., доцент кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии, г. Пермь, Россия

**Устюжанин Игорь
Александрович**

к.с.-х.н., директор ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Фигурин Валентин
Алексеевич**

д.с.-х.н., г. Киров, Россия

**Шешегова
Татьяна Кузьмовна**

д.б.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Широких
Ирина Геннадьевна**

д.б.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

© The founder of the journal Eederal Agricultural Research Center
of the North-East named N.V. Rudnitsky
(FARC North-East) 610007, Kirov, Lenina str., 166a

The publication is registered
by the Federal Service for
Supervision of Communications,
Information Technology and
Mass Media

Certificate
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

Aim of the Journal – publication and distribution of results of fundamental and applied researches conducted by native and foreign scientists for scientific support of agricultural and hunting sectors, with focus on the problems of rational use of natural resources and adaptation of agroecosystems of northern territories to changing climatic conditions.

Target audience – scientists, university professors, graduate students, postdoctoral, masters, specialists of agro-industrial complex from Russia, countries of CIS and far-abroad countries.

Headings

- REVIEW ARTICLE
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES
(Plant growing, Fodder production, Storage and processing of agricultural production; Agriculture, agrochemistry, land improvement; Zootechny, Fur farming and hunting, Veterinary medicine, Mechanization, electrification, automation, Economy)
- DISCUSSION PAPERS
- PEER-REVIEWS
- CURRENT EVENTS

All the materials of the
«Agricultural Science Euro-North-East» journal are available
under Creative Commons
Attribution 4.0 License



Editor-in-chief – Vasily A. Sysuev, Dr. Sci. Tech., the professor, academician of RAS, the Honored worker of a science of the Russian Federation, academic advisor of the FARC North-East, Kirov, Russia

The deputy editor-in-chief – Natalya E. Rubtsova, Cand. Agric. Sci., the senior lecturer, head of scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia

The responsible secretary – Natalia N. Soboleva, the engineer of scientific and technical information of the FARC North-East, Kirov, Russia

Editorial council

- | | |
|------------------------------|---|
| Nikolay R. Andreev | Dr. Sci. Tech., corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia |
| Vygar A. Bagirov | Dr. Sci. Biol., Professor, corresponding member of RAS, Director of the Department of coordination of organizations in the field of agricultural Sciences of the Ministry of education and science of Russia, Moscow, Russia |
| Aleksandr V. Baranov | Dr. Sci. Biol., the professor, Kostroma, Russia |
| Galina A. Batalova | Dr. Sci. Agric., the professor, academician of RAS, the deputy director on selection work, the head of Department of oats of the FARC North-East, Kirov, Russia |
| Alexander M. Guryanov | Dr. Sci. Agric., the professor, the director of Mordovian Agricultural Research Institute, Saransk, Russia |
| Svetlana V. Degteva | Dr. Sci. Biol., the acting director of Institute of biology of Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia |
| Eduard D. Dzhavadov | Dr. Sci. in Veterinary, professor, academician of RAS, Honored worker of science of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine", St. Petersburg, Russia |
| Sergey P. Eremin | Dr. Sci. in Veterinary, professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia |
| Dmitriy A. Ivanov | Dr. Sci. Agric., the professor, corresponding member of RAS, the All-Russia scientific research institute of agricultural use of the reclaimed lands, Tver, Russia |
| Petr P. Kazakevich | Dr. Sci. Tech., the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus |
| Aleksandr I. Kostjaev | Dr. Sci. in Economics, the professor, academician of RAS, the director of North-West scientific research institute of economy and the organisation of agriculture, St. Petersburg, Russia |
| Vladimir M. Kosolapov | Dr. Sci. Agric., the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia |
| Ivan M. Kulikov | Dr. Sci. in Economics, the professor, academician of RAS, the director of the All-Russia breeding-and-technology institute of gardening and plant rearing, Moscow, Russia |
| Andrei V. Lednev | Dr. Sci. in Agriculture, associate professor, head of Udmurt Research Institute of Agriculture - branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia |
| Li Yu | The professor, the director of Institute of mycology of Jilin agrarian university, a foreign member of RAS, Changchun, China |

The Journal included in the List of peer-reviewed scientific publications, where research results from «Candidate of Science» and «Doctor of Science» academic degree dissertations have to be published

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) on the world's leading platform Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ

The full texts of articles are available on the websites of the following journals and scientific electronic libraries: eLIBRARY.RU, Electronic Scientific Agricultural Library, CYBERLENINKA, Google Scholar

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), Abstract journal and databases of All-Russian Institute of Scientific and Technical Information

You can subscribe in any post office According to the catalog "Press of Russia" subscription index 58391

Electronic version of the magazine: <http://www.agronauka-sv.ru>

Publisher and editorial address: 610007, Kirov, Lenina str., 166a, tel./fax (8332) 33-10-25; tel. (8332) 33-07-21

www.agronauka-sv.ru

E-mail: agronauka-esv@fanc-sv.ru

Technical edition, layout Irina V. Kodochigova

Cover layout Natalia N. Soboleva

Signed for printing 28.08.2019.

Date of exit to light 11.09.2019.

Format 60x84^{1/8}.

Offset paper.

Cond. pecs. I. 13.02.

Circulation 100 copies. Order 32.

Price available.

Printed from the layout Typography FGBNU FANTS Northeast. 610007, Kirov, Lenina str., 166a

Viktor G. Mokhnatkin

Dr. Sci. Tech., the professor of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia

Galina N. Nikonova

Dr. Sci. in Economics, the professor, corresponding member of RAS, North-West scientific research institute of economy and the organization of agriculture, St. Petersburg, Russia

Yulia V. Pashkina

Dr. Sci. in Veterinary, professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Kaisa Poutanen

Academy Professor, Dr.Sc. (Tech.), VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland

Wazlaw Romanjuk

Dr. Sci. Tech., the professor, Tehnological-and-naturalists' institute, Warsaw, Poland

Ivan.V. Savchenko

Dr. Sci. Biol., the professor, academician of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

Aleksandr G. Samodelkin

Dr. Sci. Biol., the professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Vladimir G. Safonov

Dr. Sci. Biol., the professor, corresponding member of RAS, the professor, All-Russia Institute of Game and Fur Farming, Kirov, Russia

Pavel N. Sisjagin

Dr. Sci. in Veterinary, the professor, corresponding member of RAS, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Vera I. Titova

Dr. Sci. in Agriculture, professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Anton N. Tokarev

Dr. Sci. in Veterinary, Head of the Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine", St. Petersburg, Russia

Yu.A. Tsoy

Dr. Sci. Tech., the professor, corresponding member of RAS, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

Changzhong Ren

President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China

Gubeidulla S. Junusov

Dr. Sci. Tech., the professor, Agrarian-and-technological institute of Mari State University, the Honored worker of agriculture of Republic of Mary El, Yoshkar-Ola, Russia

Editorial Board

Tatyana V. Agalakova

Cand. Biol. Sci., the senior researcher laboratory of veterinary immunology of the FARC North-East, Kirov, Russia

Anna S. Brandorf

Dr. Agric. Sci., Acting Director, Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia

Aleksandr I. Burkov

Dr. Sci. Tech., the professor, the Honored inventor of the Russian Federation, the head of Laboratory of grain- and seed-cleaning machines of the FARC North-East, Kirov, Russia

Natalya V. Veselova

Cand. Agric. Sci., the scientific secretary of the scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia

Aleksandr A. Ivanovsky

Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of veterinary biotechnology of the FARC North-East, Kirov, Russia

Lyudmila M. Kozlova

Dr. Agric. Sci., the head of Department of agriculture, agrochemistry and land improvement of the FARC North-East, Kirov, Russia

Olga V. Kostenko

Cand. Sci. in Economics, actina pro-rektor for Economy and Innovation of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia

Olga V. Ryabova

Cand. Biol. Sci., associate Professor of Microbiology, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Perm state pharmaceutical Academy", Perm, Russia

Igor A. Ustjuzhanin

Cand. Agric. Sci., the director of FARC North-East, Kirov, Russia

Valentin A. Figurin

Dr. Agric. Sci., Kirov, Russia

Tatyana K. Sheshhegova

Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of immunity and plants protection of the FARC North-East, Kirov, Russia

Irina G. Shirokikh

Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of genetics of the FARC North-East, Kirov, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Е. И. Уткина, Л. И. Кедрова, Е. С. Парфенова, М. Г. Шамова
Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области... 315

М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова
Использование регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя в клональном микроразмножении земляники садовой (*Fragaria × ananassa*, Duchesne ex Weston)..... 324

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Н. К. Лаптева, Л. В. Митькиных
Расширение ассортимента пряничных изделий функциональной направленности..... 334

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

А. В. Алабушев, Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов, Г. М. Ермолина
Кормовая ценность суданской травы в зависимости от срока уборки..... 343

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

Д. А. Иванов
Применение геостатистических методов при разработке ландшафтно-адаптивного землепользования..... 351

И. В. Лыскова, Т. В. Лыскова, Ф. А. Попов
Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности..... 368

Л. Н. Прокина
Комплексное использование средств химизации в посевах костреца и люцерны..... 378

ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

А. А. Ивановский, Н. П. Тимофеев, С. А. Ермолина
Влияние адаптогенов растительного происхождения на поросят и свиноматок..... 387

ЗООТЕХНИЯ

Е. И. Анисимова
Иммуногенетические показатели в селекции крупного рогатого скота симментальской породы..... 398

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

В. Е. Саитов, В. Г. Фарафонов, А. В. Саитов
Анализ процесса погружения зерновок в жидкостях с различной удельной массой.... 407

ХРОНИКА

Редакционная статья. Интеграция издания в международное научное пространство... 420

CONTENTS

PLANT GROWING

Elena I. Utkina, Lidiya I. Kedrova, Elena S. Parfyonova, Marina G. Shamova
Influence of snow mold on winter rye productivity in the Kirov region..... 315

Marina G. Markova, Elena N. Somova
Use of growth regulators and experimental LED phytoirradiator in clonal micropropagation of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*, Duchesne ex Weston)..... 324

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Nina K. Lapteva, Lyudmila V. Mitkinykh
Expansion of assortment of functional gingerbread products..... 334

FODDER PRODUCTION

Andrey V. Alabushev, Natalia A. Kovtunova, Vladimir V. Kovtunov, Galina M. Ermolina
Fodder value of Sudan grass depending on the harvesting time..... 343

AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

Dmitri A. Ivanov
Application of geostatistical methods in the development of landscape-adaptive land use.... 351

Irina V. Lyskova, Tatiana V. Lyskova, Fedor A. Popov
Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with various content of mobile phosphorus and degree of acidity..... 368

Lyudmila N. Prokina
Integrated use of chemicals in smooth brome and alfalfa sowings..... 378

VETERINARY MEDICINE

Alexander A. Ivanovsky, Nikolai P. Timofeev, Svetlana A. Ermolina
Effect of plant adaptogens on piglets and sows..... 387

ZOOTECHNY

Ekaterina I. Anisimova
Immunogenetic indicators in Simmental cattle breeding..... 398

MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

Victor E. Saitov, Vyacheslav G. Farafonov, Aleksey V. Saitov
Analysis of the process of immersion of kernels in liquids with different specific mass..... 407

CHRONICLE

Article editorial. Integration of the publication to the Global Research Area..... 420

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323>
УДК 633.14:631.559:632.4(470.342)



Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области

© 2019. Е. И. Уткина[✉], Л. И. Кедрова, Е. С. Парфенова, М. Г. Шамова
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В условиях Кировской области основным фактором, лимитирующим урожайность озимых культур, является поражение снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et. Hallet. – син. *Fusarium nivale* (Fr.) Ces.), ежегодное развитие которой составляет 80-100%. Поэтому основным направлением селекции является получение сортов озимой ржи с максимальной устойчивостью к данному заболеванию. В период с 2003 по 2017 г. проведена оценка районированных и перспективных сортов отечественной селекции различного эколого-географического происхождения в естественных провокационных условиях по поражению снежной плесенью. Погодные условия сильно различались по всем периодам развития ржи. Установлено, что на устойчивость растений к патогену *M. nivale* большое влияние оказывало состояние растений перед уходом в зиму, что регулируется сроком посева семян. Хорошо развитые растения сорта Фаленская 4 формировали оптимальную плотность агрофитоценоза, накапливали большее количество сахаров (более 7%), регенерировали в период весеннего отрастания более чем на 90% и давали стабильный высокий урожай (более 4,9 т/га). Для реализации биологического потенциала сорта возникла необходимость смещения ранее установленного срока посева на более поздний период – на 5-10 дней. Большое влияние на урожайность оказали условия апреля, а именно период полного освобождения посевов от снега, который занимал всего несколько дней (3-6). Теплая и сухая погода способствовала активному отрастанию ржи и препятствовала развитию болезни. Холодная и влажная погода провоцировала развитие гриба, который быстро поражал ослабленные после перезимовки растения. Выявлено, что сорта озимой ржи разных эколого-географических групп неодинаково реагировали на данное заболевание. Изменчивость урожайности каждого сорта по годам была высокой CV – 25,8...65,4%. Наибольшей стабильностью характеризовались сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока. Основными методами селекции на устойчивость к снежной плесени являются гибридизация и отбор в условиях провокационного фона. Эффективность метода отбора подтверждена созданием из сорта Фаленская 4 высокозимостойкого сорта Флора с активной регенерацией после поражения снежной плесенью (100%) и стабильной урожайностью по годам – 4,62 т/га (прибавка к исходному сорту составила 0,27 т/га). Особенностью сорта Флора является активное формирование весной мощной зеленой массы, что важно для раннего использования на зеленый корм скоту и птице. С 2012 г. сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому и Северо-Западному регионам РФ.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., зимостойкость, гидротермический режим, сорт, сроки посева, устойчивость, регенерационная способность

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (темы № 0767-2018-0001-С-01 и № 0767-2018-0003).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Парфенова Е. С., Шамова М. Г. Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):315-323. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323>

Поступила: 24.04.2019 Принята к публикации: 09.08.2019 Опубликована онлайн: 30.08.2019

Influence of snow mold on winter rye productivity in the Kirov region

© 2019. Elena I. Utkina[✉], Lidiya I. Kedrova, Elena S. Parfyonova, Marina G. Shamova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

In the conditions of the Kirov region, the major factor reducing the productivity of winter crops is infestation with snow mold (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et. Hallet. - synonym *Fusarium nivale* (Fr.) Ces.), which annually grows by 80-100%. Therefore, the main direction of breeding is receiving winter rye varieties having maximum resistance to this disease. During the period of 2003-2017 there was carried out the assessment of zoned and perspective cultivars of domestic breeding of various ecological-and-geographical origin for snow mold infestation in natural provocative conditions. Weather conditions differed greatly in all periods of rye development. It has been established that plant resistance to *M. nivale* pathogen is influenced greatly by the condition of plants before wintering regulated by the sowing time. Well-developed plants of Falenskaya 4 variety formed the optimum density of an agro-phytocenosis, accumulated bigger amount of sugars (more than

7%), regenerated during spring re-growth by more than 90%, and produced stable high yield (more than 4.9 t/ha). In order to realize the biological potential of the variety, there was a need to shift the previously established sowing time to 5-10 days later period. The productivity was influenced greatly by April conditions, namely, by the period of total clearing of sowings from snow, which took only several days (3-6). Warm and dry weather favored an active re-growth of rye and prevented disease development. Cold and damp weather provoked fungus development, which affected quickly the plants weakened after re-wintering. It was revealed that winter rye varieties of different ecological-and-geographical groups responded to this disease differently. The variability in productivity of each cultivar by years was high ($CV = 25.8...65.4\%$). The greatest stability was characteristic for varieties bred in FARC North-East. The main methods of breeding for the resistance to snow mold are crossing and selection in the conditions of a provocative background. The efficiency of a selection method is confirmed with creation from Falenskaya 4 a highly winter-hardy variety Flora with active regeneration after snow mold infestation (100%) and stable productivity by years – 4.62 t/ha (addition yield to an initial cultivar was 0.27 t/ha). The distinctive feature of Flora variety is active formation of powerful green mass in spring that is important for the early use for green forage for cattle and poultry. Since 2012 the variety is included in the State Register of breeding achievements in Volga-Vyatka and North-West regions of the Russian Federation.

Key words: *Secale cereale* L., winter hardiness, hydrothermal mode, variety, sowing time, resistance, regeneration ability

Acknowledgement: scientific work was performed in the framework of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme 0767-2018-0001-C-01 and № 0767-2018-0003).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Utkina E. I., Kedrova L. I., Parfyonova E. S., Shamova M. G. Influence of snow mold on winter rye productivity in the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4):315-323. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323>

Received: 24.04.2019

Accepted for publication: 09.08.2019

Published: 30.08.2019

Озимая рожь в Кировской области считается традиционно ведущей зерновой культурой. Она имеет длительную историю возделывания, не случайно начало селекции озимой ржи было положено в 1895 г. на Вятской сельскохозяйственной опытной станции. Современное производство ржи в России находится в глубоком кризисе, а площади посева по стране достигли своего исторического минимума (менее 1 млн га). Повсеместное сокращение площадей ржи вызвано многими причинами: гибелью при перезимовке, низким плодородием почв, сложностью с уборкой вследствие полегания, нестабильностью урожайности по годам, относительно низкими закупочными ценами на зерно и т. д. Зимостойкость является ключевым показателем адаптивности возделываемых сортов. Среди озимых зерновых культур рожь занимает первое место по зимостойкости [1], однако проблема гарантированной перезимовки посевов по-прежнему остается нерешенной. В каждой эколого-географической зоне наблюдаются различные факторы, определяющие условия зимнего периода [2, 3], формируются те патогенные комплексы, которые наиболее приспособлены к условиям региона [4]. В условиях Кировской области основным фактором, лимитирующим урожайность и определяющим зимостойкость озимых культур, является поражение снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et. Hallet. – син. *Fusarium nivale* (Fr.) Ces.), ежегодное развитие которой составляет 80-100%. Основным источником ин-

фекции данного заболевания патогенный гриб *M. nivale* характеризуется повышенной вредоносностью по сравнению с другими возбудителями [5]. Экономический порог вредоносности данного заболевания устанавливается при изреживании посевов на 15-18%, при этом фиксируется понижение урожайности на 1,5 ц/га.

Особую агрессивность снежная плесень проявляет в регионах с высоким снежным покровом и повышенной температурой на глубине залегания узла кущения. По данным А. А. Гончаренко, установлена тесная положительная зависимость развития снежной плесени от высоты снежного покрова и отрицательная от глубины промерзания почвы [6]. В Кировской области высота снежного покрова составляет 40-70 см при продолжительности залегания 150-180 дней и температуре на глубине узла кущения от 0 до -6°C [7]. Такие условия являются идеальными для развития заболевания.

Литературные данные свидетельствуют о наличии тесной корреляции между способностью весенней регенерации после поражения снежной плесенью и зимостойкостью [5, 8]. В связи с этим приоритетным направлением селекции в Северо-Восточном селекцентре является создание сортов, толерантных к данному заболеванию [9].

В мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова отсутствуют сорта, абсолютно устойчивые к снежной плесени. Однако в популяции некоторых из них встречаются устойчивые к данному патогену растения. Выявлены

сорта (Вятка 2, Фаленская, Лисицына, Калужская 45, Камалинская 13, Lassaer, Kefermarkter, Edelhofeg и др.) с полевой устойчивостью, которые незначительно страдают при сильном поражении, т. е. болезнь сильнее поражает листья растений и в меньшей степени – узел кущения [10].

Учитывая низкую частоту генов, определяющих устойчивость к снежной плесени, важным направлением следует считать целенаправленную селекцию на создание высоко-толерантных сортов и гибридов, способных формировать стабильный урожай в условиях сильной эпифитотии болезни [11].

Цель исследований – установить влияние снежной плесени на формирование урожайности озимой ржи в условиях Кировской области.

В задачу исследований входило: изучить реакцию озимой ржи разных сроков посева на поражение снежной плесенью; провести мониторинг динамики гидротермического режима в период осеннего цикла развития растений ржи; выявить стабильные по урожайности сорта отечественной селекции в условиях естественного провокационного фона снежной плесени.

Материал и методы. Полевые исследования выполнены в селекционном севообороте Федерального аграрного научного центра (ФАНЦ) Северо-Востока (г. Киров) по предшественнику чистый пар. Исходным материалом для исследований послужили районированные и перспективные сорта отечественной селекции различного эколого-географического происхождения. Технологический опыт по изучению влияния снежной плесени на урожайность озимой ржи различных сроков посева заложен с использованием высокозимостойкого адаптивного сорта Фаленская 4. Посев проведен в 4 срока с интервалом в 5 дней (20, 25, 30 августа и 5 сентября). За контроль принят ранее установленный оптимальный срок посева озимой ржи для центральной зоны Кировской области – 20 августа.

За годы изучения (2003-2017 гг.) гидротермические условия различались во все периоды вегетации растений. Осенняя вегетация (август-октябрь) проходила в условиях теплой погоды (средняя температура воздуха – +9,0...+11,3°C при среднемноголетнем значении

+8,6°C). По количеству осадков выделены следующие группы: годы с недостаточной влагообеспеченностью – 99-166 мм (2005, 2010, 2011, 2014); в пределах нормы – 186-208 мм (2003, 2007, 2009, 2015-2017); с избыточной влагообеспеченностью – 210-277 мм (2004, 2006, 2008, 2012, 2013).

Температура зимнего периода в 2009-2010 гг. и 2010-2011 гг. приближалась к среднемноголетнему значению (-10,3...-10,8°C). Остальные годы характеризовались повышенной температурой. Количество выпавших осадков во все годы превышало средний многолетний уровень на 23-96%.

В период весенне-летней вегетации фактические показатели суммы осадков варьировали от 175 мм (77% от нормы) в 2014 г. до 378 мм (166% нормы) в 2017 г. Температура воздуха превышала среднемноголетнее значение во все годы изучения.

Динамика гидротермического режима проведена на основании данных Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1977-2018 гг.; оценка селекционного материала в соответствии с методическими указаниями¹; определение содержания сахаров в узле кущения – по методу Бертраана; статистическая обработка результатов исследований – методами дисперсионного и корреляционного анализ² с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.), Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. В Кировской области в агроценозе озимой ржи грибок *M. nivale* обнаруживается повсеместно. Учитывая, что озимая рожь предъявляет определенные требования к условиям осеннего периода (сумма среднесуточных температур выше +5°C должна быть не менее 300°, оптимальная плотность посева для нормального развития растений и т. д.), значительную часть проблем можно решить оптимизацией элементов технологии возделывания озимой ржи [12].

Оценка влияния степени развития растений в осенний период на перезимовку и способность ржи к регенерации после поражения снежной плесенью проведена в технологическом опыте (табл. 1).

¹Методические указания по селекции и семеноводству озимой ржи. М., 1980. 96 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Колос, 1979. 336 с.

Таблица 1 – Влияние срока посева озимой ржи сорта Фаленская 4 на устойчивость к снежной плесени и урожайность (2012-2015 гг.) /

Table 1 – Influence of sowing date on resistance to snow mold and productivity of winter rye Falenskaya 4 (2012-2015)

Срок посева / Sowing date	Интенсивность кущения, стеблей / Number of tillers, stalks	Высота растений перед уходом в зиму, см / Plant height be- fore wintering, cm	Накоплено сахаров в узле кущения, % / Sugar accumulation in tillering node, %	Поражение снежной плесенью, % / Infestation with snow mold, %	Отрастание после поражения снежной плесенью, % / Regrowth after snow mold infestation, %	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha
20 августа (контроль) / August, 20 (control)	5-6	21	6,9	100	77,5	4,08
25 августа / August, 25	4-5	16	7,2	100	91,5	4,98
30 августа / August, 30	4-5	14	7,0	100	92,2	4,95
5 сентября / September, 5	3	9	4,9	67	63,3	3,74
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	-	-	8,2	0,48

Исследования показали, что растения в контрольном варианте были хорошо развиты, накопление запасных веществ находилось на уровне растений двух последующих вариантов. Однако при одинаковом поражении растений трех первых сроков посева снежной плесенью наблюдалось достоверное снижение регенерационной способности и урожайности в контроле. Это объясняется тем, что озимая рожь раннего срока посева имеет мощную вегетативную массу вследствие большей высоты растений и кустистости (5-6 стеблей), под высоким снежным покровом (60-70 см) происходит значительный расход сахаров, т. е. наступает углеводное истощение и голодание. Такие растения являются благоприятной питательной средой для фитопатогена *M. nivale*, который быстро поражает отмирающие листья и ослабленные растения, ускоряя их гибель.

Поздний срок посева (5 сентября) также привел к значительному недобору урожайности (на 0,34-1,24 т/га) по ряду причин: недостаточное развитие растений с осени, менее интенсивное отрастание и отставание в развитии в весенне-летний период, которое прослеживалось во все фазы вегетации. Слабораскутившиеся растения накопили недостаточное количество сахаров – 4-5%, что укладывается в рамки критических значений [13].

Учитывая, что биологический потенциал сорта закладывается с осени, а прохождение основных фаз развития осеннего цикла озимой ржи в условиях Кировской области при-

ходится на сентябрь, возникла необходимость проследить динамику гидротермического режима данного периода (1977-2018 гг.). Сумма эффективных температур в сентябре (рис. 1) варьировала от 42°C (1993 г.) до 333°C (2004 г.). Коэффициент вариации (CV) данного признака составил 39,7%.

Направление линии тренда на графике указывает на изменение величины суммы эффективных температур в сторону увеличения. Так, за месяц прибавка составила 1,96°C, за годы изучения – 82,3°C. Величина коэффициента детерминации $R^2 = 0,16$ характеризуется как слабая. Учитывая сильную дисперсию признака, строить прогнозы на дальнейшее развитие довольно сложно. Для сглаживания и прогнозирования временных рядов на рисунке представлена простая скользящая средняя (SMA – Simple Moving Average), которая сглаживает динамический ряд значений и позволяет точнее проследить тенденцию изменений накопления эффективных температур.

Анализ погодных условий октября свидетельствует о нестабильности количества выпавших осадков. Средняя температура воздуха за месяц увеличилась на 0,06°C и на 2,34°C за весь период изучения, что привело к смещению срока прекращения осенней вегетации на более поздний период – на 5-10 дней.

Полученные данные подтверждают необходимость специфического подхода к выбору срока высева семян озимой ржи в каждом

регионе возделывания для получения оптимальной плотности агрофитоценоза и степени развития растений, способных противостоять

выпреванию, поражению снежной плесенью, активно отрастать весной и формировать стабильную урожайность.



Рис. 1. Характеристика температурного режима в сентябре (1977-2018 гг.) / Fig. 1. Characteristic of temperature mode in September (1977-2018)

Симптомы снежной плесени сильнее проявляются весной, в период таяния снега, хотя заражение происходит осенью через почву и семена. Теплая и сухая погода сдерживает развитие патогена, холодная и влажная – вызывает массовое поражение растений ржи, приводит к изреживанию, иногда – к полной гибели. Если ход осеннего развития озимых культур можно скорректировать правильно подобранными технологическими приемами, то предсказать условия весеннего снеготаяния довольно сложно. Изучение погодных условий апреля, когда посевы полностью освобождаются от снега, показало, что за период с 1977 по 2018 год средняя температура воздуха варьировала от $-2,2$ (1998 г.) до $+8,5^{\circ}\text{C}$ (1983 г.), $\text{CV} = 43,3\%$. По сумме осадков также наблюдался разброс – от 8 (2002 г.) до 77 мм (1982 г.), $\text{CV} = 50,6\%$. Тесной зависимости между погодными условиями апреля и урожайностью озимой ржи не выявлено. С одной стороны получается, что условия апреля определяют степень развития и агрессивности снежной плесени, с другой – наблюдается отсутствие корреляции гидротермического режима с урожайностью. Причина такого противоречия в том, что речь идет о коротком периоде полного освобождения посевов от снега, который занимает всего несколько дней.

Учитывая особенности возбудителя снежной плесени, актуальным является правильный выбор сорта [14]. Сорта, устойчивые

к снежной плесени, характеризуются быстрым ростом в весенний период, активно наращивают зеленую массу и опережают развитие фузариозной инфекции. Изучение сортов отечественной селекции разного эколого-географического происхождения в естественных провокационных условиях центральной зоны Кировской области позволило дифференцировать их по устойчивости к снежной плесени.

За период изучения ежегодное поражение посевов снежной плесенью составило 100%. Исключением является 2009 г., когда осенью сложились оптимальные условия для накопления сахаров в узле кущения (12-13%), период зимней вегетации проходил в благоприятных условиях (высота снежного покрова – 40-50 см, температура на глубине залегания узла кущения $-4...-7^{\circ}\text{C}$), ранний и быстрый сход снега весной и сухая теплая погода в дальнейшем. В таких условиях растения озимой ржи активно вегетировали и препятствовали развитию грибной инфекции. Поражение растений снежной плесенью в питомнике не превышало 10%, что позволило выявить потенциал продуктивности сортов.

Максимальная дисперсия урожайности сортов наблюдалась в 2005 и 2014 гг. (коэффициент вариации 71,3 и 81,7% соответственно). Наиболее стабильной урожайностью характеризуются 2009 и 2015 гг. ($\text{CV} = 9,3$ и 11,4% соответственно). Варьирование урожайности сортов по годам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность сортов озимой ржи в условиях естественного провокационного фона снежной плесени (2003-2017 гг.) /

Table 2 – Productivity of winter rye varieties under conditions of natural provocative background of snow mold (2003-2017)

<i>Сорт / Variety</i>	<i>Средняя урожайность, т/га / Average productivity, t/ha</i>	<i>Пределы варьирования урожайности, т/га / Limits of productivity variation, t/ha</i>	<i>Коэффициент вариации (CV), % / Coefficient of variation (CV), %</i>
Фаленская 4 - стандарт / Falenskaya 4 - standard	4,60	2,54...7,25	27,1
Вятка 2 / Vyatka 2	3,63	0,74...5,77	38,8
Крона / Kropa	3,39	0,43...6,25	52,2
Кировская 89 / Kirovskaya 89	3,78	2,06...6,18	32,4
Снежана / Snezhana	4,01	2,25...6,92	35,9
Флора / Flora	4,59	2,61...7,19	25,8
Альфа / Alfa	2,86	0,10...5,13	65,4
Татьяна / Tatiana	3,96	0,42...8,07	58,2
Чулпан 7 / Chulpan 7	3,72	0,04...7,07	49,3
Эстафета Татарстана / Estafeta Tatarstana	3,48	0,28...6,44	49,5
Радонь / Radon'	3,47	0,60...5,45	51,3
Саратовская 7 / Saratovskaya 7	2,80	0,18...5,56	63,1
Волхова / Volkhova	4,31	2,03...8,02	42,4
Безенчукская 87 / Bezenchukskaya 87	2,98	0,13...6,19	62,8
Антарес / Antares	3,11	0,30...6,31	52,8

Высокая изменчивость урожайности в рамках отдельно взятого сорта обусловлена низкой адаптивностью изучаемого материала к местным условиям. Наибольшей стабильностью характеризуются сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока (Фаленская 4, Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Флора). Следует отметить, что сорта инорайонной селекции способны реализовывать урожайный потенциал только в благоприятно сложившихся для них условиях и сильно пострадать или полностью погибнуть при перезимовке в период сильной эпифитотии *M. nivale*. Снижение урожайности происходит в основном из-за изреженности посевов, при этом увеличение площади питания оставшихся растений, повышение продуктивной кустистости и некоторая экспрессия элементов структуры не способны восстановить плотность агрофитоценоза и значительно повысить урожайность сорта.

В целом не выявлено сортов, существенно превышающих по урожайности адаптивный стандарт Фаленская 4. Однако в отдельные

годы некоторые из них достигали по урожайности уровня стандарта: Волхова (Ленинградский НИИСХ); Эстафета Татарстана (Татарский НИИСХ); Чулпан 7 (Башкирский НИИСХ). Выявлена тесная корреляция урожайности с регенерационной способностью ($r = 0,52-0,91$).

Основными методами селекции на устойчивость к снежной плесени являются гибридизация и отбор. Селекционная работа в этом направлении возможна только при условии наличия естественного или искусственного инфекционного фона. Используя метод многократного индивидуально-семейного и биотипического отборов на естественном инфекционном фоне снежной плесени, был создан сорт Флора. Урожайные данные сорта Флора в сравнении с исходным сортом Фаленская 4 приведены в таблице 3.

Сорт Флора по некоторым биологическим характеристикам повторяет сорт Фаленская 4. Однако растения сорта Флора имеют более короткую соломину, что положительно сказалось на устойчивости к полеганию. Направленный отбор привел к увеличению

продуктивности колоса (длина 10,3-11,8 см; количество колосков 31,1-35,1; зерен – 49,6-54,0 шт.). Особенностью сорта Флора является активное формирование весной мощной зеленой массы, что важно для раннего использова-

ния на зеленый корм сельскохозяйственным животным и птице. С 2012 г. сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому и Северо-Западному регионам РФ.

*Таблица 3 – Урожайность озимой ржи сорта Флора в конкурсном сортоиспытании (2003-2005 гг.) /
Table 3 – Productivity of winter rye variety Flora in competitive tests (2003-2005)*

Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha		Поражение снежной плесенью, % / Infestation with snow mold, %	Отрастание после поражения снеж- ной плесенью, % / Regrowth after snow mold infestation, %	Густота продук- тивного стебле- стоя, шт. / Density of productive plant stand, pcs.
	средняя / average	отношение к стандарту, т/га / relation to stand- ard, t/ha			
Флора / Flora	4,62	+0,27	100	100	417
Фаленская 4 / Falenskaaya 4	4,35	-	100	91	398
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	0,25	-	-	-	-

Выводы. Таким образом, гидротермические условия Кировской области способствуют ежегодному интенсивному поражению посевов озимой ржи снежной плесенью *M. nivale*. Основным методом борьбы с заболеванием, лимитирующим урожайность ржи в условиях Кировской области ($r = 0,52-0,91$), является внедрение в производство сортов с активной регенерацией в весенний период. Генетическая устойчивость сорта к патогену максимально реализуется при соответствующей технологии производства. Правильный выбор срока посева является самым малозатратным приемом адаптации сортовой технологии к условиям региона и может обеспечить высокую стрессоустойчивость сорта в период зимней вегетации за счет повышенного накопления запасных

веществ в узле кущения и оптимальной плотности посева перед уходом в зиму.

Изучение сортов отечественной селекции разного эколого-географического происхождения в естественных провокационных условиях центральной зоны Кировской области показало сильную изменчивость урожайности по годам ($CV = 25,8-65,4\%$). Наибольшей стабильностью характеризовались сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока (Фаленская 4, Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Флора).

Методом отбора на естественном провокационном фоне снежной плесени создан высокозимостойкий сорт Флора с активной регенерацией после поражения (100%) и стабильной урожайностью по годам (среднее значение – 4,62 т/га).

Список литературы

1. Кобылянский В. Д., Шешегова Т. К. Перспективы селекции озимой ржи на устойчивость к выпреванию в Северо-Восточном регионе Нечерноземной зоны России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1997;151:10-21.
2. Кузьменко С. А. Устойчивость озимой ржи к биотическим и абиотическим факторам: матер. Междунар. научно-практ. Интернет-конф.: Аграрная наука: развитие и перспективы. Николаев, 2015. С. 59-60.
3. Чайкин В. В., Тороп А. А., Рыльков А. И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Черноземного региона. Земледелие. 2017;(2):32-36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/zimo-i-zasuhoustoychivost-ozimoy-rzhi-v-usloviyah-tsentralno-chnozhomnogo-regiona>
4. Овсянкина А. В. Фузариозные возбудители снежной плесени и корневой гнили озимой ржи. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: матер. Межд. научно-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. С.101-103.
5. Овсянкина А. В. Исходный материал в селекции озимой ржи к снежной плесени. Плодоводство и ягодоводство России. 2012;34(2):78-81.
6. Гончаренко А. А., Шадуро С.И. Иммунологическая и селекционная оценка озимой ржи на провокационных и инфекционных фонах. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. 1990;(201):24-26.
7. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

8. Sheshegova T. K., Kedrova L. I., Shshekleina L. M., Utkina E. I. Winter rye breeding for diseases resistance at North-East breeding center of Russia Federation. International Symposium on Rye Breeding and Genetics Minsk, Belarus, 29 June – 2 July 2010, Minsk, 2012. P. 95-96.

9. Кедрова Л. И., Шешегова Т. К., Шшеклеина Л. М., Уткина Е. И., Шамова М. Г. Создание нового сорта озимой ржи Графиня. Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Тез. докладов IV Международной конференции. Санкт-Петербург, 11-13 октября 2016 г. СПб.: ФГБНУ ВИЗР, 2016. С. 67.

10. Сергеев В. И., Бирюкович Е. В., Михновец Т. В. Провокационно-инфекционный фон в селекции ржи на устойчивость к снежной плесени. Наука – производству: Тезисы науч.-практ. конф., посвященной 45-летию Гродненского ГСХИ, Гродно, 28-29 июля 1996 г. Гродно, 1996. С. 69.

11. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 372 с.

12. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С. Оптимизация элементов технологии возделывания озимой ржи. Энергосберегающие технологии производства продукции растениеводства: матер. Всерос. научно-практ. конф. Уфа, 2013. С. 142-145.

13. Кружилин А. С., Шведская З. М. Устойчивость озимых растений к выпреванию. М.: Наука, 1986. 88 с.

14. Пономарев С. Н. Обоснование потенциальной урожайности озимой ржи по обеспеченности Республики Татарстан климатическими ресурсами. Современные проблемы науки и образования. 2013;(6):970. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21163406>

References

1. Kobylyanskiy V. D., Sheshegova T. K. *Perspektivy seleksii ozimoy rzhi na ustoychivost' k vyprevaniyu v Severo-Vostochnom regione Nechernozemnoy zony Rossii*. [The prospects of breeding of winter rye on resistance to a take-all in the North-East region of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1997;151:10-21. (In Russ.).

2. Kuz'menko S. A. *Ustoychivost' ozimoy rzhi k bioticheskim i abioticheskim faktoram*. [Resistance of a winter rye to biotic and abiotic factors]. *Mater. Mezhdunar. nauchno-prakt. Internet-konf.: Agrarnaya nauka: razvitie i perspektivy*. [Materials of Internat. Scientific-practical internet-conference: Agrarian science: development and prospects]. Nikolaev, 2015. pp. 59-60.

3. Chaykin V. V., Torop A. A., Ryl'kov A. I. *Zimo- i zasukhoustoychi-vost' ozimoy rzhi v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona*. [Winter- and drought-resistance of winter rye in the conditions of the Central Chernozem region]. *Zemledelie*. 2017;(2):32-36. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/zimo-i-zasukhoustoychivost-ozimoy-rzhi-v-usloviyah-tsentralno-chernozemnogo-regiona>

4. Ovsyankina A. V. *Fuzarioznye vobzuditeli snezhnoy pleseni i kornevoy gnili ozimoy rzhi*. [Fusarium activators of snow mold and root decay of winter rye]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka: Materialy Mezhd. nauchno-prakticheskoy konf.* [Winter rye: breeding, seed farming, technologies and processing: Proceedings of the International scientific and practical Conference]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2003. pp. 101-103.

5. Ovsyankina A. V. *Iskhodnyy material v seleksii ozimoy rzhi k snezhnoy pleseni*. [Initial material in breeding of winter rye to snow mold]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2012;34(2):78-81. (In Russ.).

6. Goncharenko A. A., Shaduro S. I. *Immunologicheskaya i selektsionnaya otsenka ozimoy rzhi na provokatsionnykh i infektsionnykh fonakh*. [Immunological and breeding assessment of winter rye against provocative and infectious backgrounds]. *Nauchno-tekhnicheskyy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rasteniyevodstva im. N.I. Vavilova*. 1990;(201):24-26.

7. Kedrova L. I. *Ozimaya rozh' v Severo-Vostochnom regione Rossii*. [Winter rye in the North-East region of Russia]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2000. 158 p.

8. Sheshegova T. K., Kedrova L. I., Shshekleina L. M., Utkina E. I. Winter rye breeding for diseases resistance at North-East breeding center of Russia Federation. International Symposium on Rye Breeding and Genetics Minsk, Belarus, 29 June – 2 July 2010, Minsk, 2012. pp. 95-96.

9. Кедрова Л. И., Шешегова Т. К., Шшеклеина Л. М., Уткина Е. И., Шамова М. Г. *Sozdanie novogo sorta ozimoy rzhi Grafinya*. [Creation of a new winter rye cultivar Grafinya]. *Sovremennye problemy immuniteta rasteniy k vrednym organizmam. Tez. Dokladov IV Mezhdunarodnoy konferentsii. Sankt-Peterburg, 11-13 oktyabrya 2016 g.* [Modern problems of immunity of plants to harmful organisms. Theses of Reports of the IV International conference. St. Petersburg, October 11-13, 2016]. Sankt-Peterburg: FGBNU VIZR, 2016. pp. 67.

10. Sergeenko V. I., Biryukovich E. V., Mikhnovets T. V. *Provokatsionno-infektsionnyy fon v seleksii rzhi na ustoychivost' k snezhnoy pleseni*. [A provocative and infectious background in breeding of a rye for resistance to a snow mold]. *Nauka – proizvodstvu: Tezisy nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 45-letiyu Grodenskogo GSKhI, Grodno, 28-29 iyulya 1996 g.* [Science - for industry: Theses of scientific and pract. conf., devoted to the 45th anniversary of the Grodno GSHI, Grodno, July 28-29, 1996]. Grodno, 1996. pp. 69.

11. Goncharenko A. A. *Aktual'nye voprosy seleksii ozimoy rzhi*. [Topical issues of winter rye breeding]. Moscow, 2014. 372 p.

12. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S. *Optimizatsiya elementov tekhnologii vzdelyvaniya ozimoy rzhi*. [Optimization of elements of winter rye cultivation technology]. *Energoberegayushchie tekhnologii proizvodstva produktsii rastenievodstva: materialy Vseros. nauchno-prakt. konferentsii*. [Energy-Saving Technologies of Production of Plant Industry Products: materials of All-Russian scientific and pract. conference]. Ufa, 2013. pp. 142-145.

13. Kruzhilin A. S., Shvedskaya Z. M. *Ustoychivost' ozimyykh rasteniy k vyprevaniyu*. [Resistance of winter plants to take-all]. Moscow: *Nauka*, 1986. 88 p.

14. Ponomarev S. N. *Obosnovanie potentsial'noy urozhaynosti ozi-moy rzhi po obespechennosti Respubliki Tatarstan klimaticheskimi resursami*. [Justification of potential productivity of winter rye according to security of the Republic of Tatarstan with climatic resources]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2013;(6). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21163406>

Сведения об авторах:

✉ **Уткина Елена Игоревна**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом озимой ржи ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: utkina.e.i@mail.ru,

Кедрова Лидия Ивановна, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9840-860X>,

Парфенова Елена Сергеевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой ржи ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>,

Шамова Марина Геннадьевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

Information about the authors:

✉ **Elena I. Utkina**, DSc in Agriculture, leading researcher, Head of the Department of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: utkina.e.i@mail.ru,

Lidiya I. Kedrova, DSc in Agriculture, leading researcher at the Laboratory of selection and primary seed production of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9840-860X>,

Elena S. Parfyonova, PhD in Agriculture, researcher, Head of the Laboratory of selection and primary seed production of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>,

Marina G. Shamova, PhD in Agriculture, researcher at the Laboratory of selection and primary seed production of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

✉- Для контактов / Corresponding author

Использование регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя в клональном микроразмножении земляники садовой (*Fragaria × ananassa*, Duchesne ex Weston)

© 2019. М. Г. Маркова ✉, Е. Н. Сомова

Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, п. Первомайский, Удмуртская Республика, Российская Федерация

Приведены экспериментальные данные 2017-2018 гг. по влиянию регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя на пролиферацию и укоренение перспективных сортов земляники садовой (*Fragaria ananassa*) в условиях *in vitro*. Объект исследований – микрочеренки земляники садовой сортов Корона и Брайтон. Микрочеренки земляники культивировали под люминесцентными лампами в контрольном варианте, изучаемым был программируемый светодиодный комбинированный мигающий фитооблучатель. Изучено совместное влияние цитокинина и гибберелловой кислоты путем добавления их в питательную среду Мурасиге-Скуга, а также регуляторов роста Силиплант и ЭкоФус на микроразмножение земляники. Установлено, что при культивировании земляники садовой сорта Корона увеличение коэффициента размножения обеспечило совместное применение Силипланта и ЭкоФуса при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем, коэффициент составил 5,0 шт/эксплант, что в 1,7 раза выше контрольного (3,0 шт/эксплант), НСР₀₅ 1,4 шт/эксплант. Максимальный коэффициент размножения земляники ремонтантной сорта Брайтон получен в варианте с применением Силипланта и светодиодного фитооблучателя и составил 4,9 шт/эксплант (4,2 шт/эксплант в контроле), НСР₀₅ 1,5 шт/эксплант. Независимо от освещения, применение Рибав-Экстра во всех изучаемых концентрациях увеличило укореняемость микрочеренков земляники садовой сорта Корона с 92,8 до 99,1%, НСР₀₅ 6,1%. Применение экспериментального светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (94,3%), способствовало значительному увеличению укореняемости микрочеренков земляники садовой сорта Корона до 98,1%, независимо от применяемых регуляторов роста, НСР₀₅ 3,5%. Совместное применение разработанного светодиодного фитооблучателя и регулятора роста Рибав-Экстра в концентрации 1,0 мг/л и 1,5 мг/л способствовало укореняемости микрочеренков земляники садовой сорта Корона до 100%. Независимо от регулятора роста, применение экспериментального светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (88,9%), способствовало значительному увеличению укореняемости микрочеренков земляники Брайтон до 97,2%, НСР₀₅ 4,6%. Укореняемость микрочеренков земляники ремонтантной сорта Брайтон составила 100% в варианте с применением Рибав-Экстра в концентрации 1,0 мг/л и экспериментального светодиодного фитооблучателя через 20 дней после высадки на укоренение.

Ключевые слова: микрочеренки земляники садовой, питательная среда, освещенность, регуляторы роста

Благодарности: научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУН Удмуртский ФИЦ УрО РАН (тема №0427-2018-0010).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Использование регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя в клональном микроразмножении земляники садовой (*Fragaria ananassa*). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):324-333. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>

Поступила: 15.05.2019

Принята к публикации: 01.07.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Use of growth regulators and experimental LED phytoirradiator in clonal micropropagation of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*, Duchesne ex Weston)

© 2019. Marina G. Markova ✉, Elena N. Somova

Udmurt Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Pervomaisky village, Udmurt Republic, Russian Federation

The article provides experimental data of 2017-2018 study on the effect of growth regulators and LED phytoirradiator on the proliferation and rooting of promising garden strawberry (*Fragaria ananassa*) varieties *in vitro*. Micro-shoots of Corona and Brighton strawberry varieties were taken as the object of the research. Strawberry micro-shoots were cultivated under fluorescent lamps in the control variant. A programmable combined blinking LED phytoirradiator was under study. The combined effect of cytokinin and gibberellic acid by adding them to the Murashige and Skoog nutrient medium, as well as the impact of Siliplant and EcoFus growth regulators on strawberry micropropagation has been studied. It was established that in the cultivation of Corona variety the combined use of Siliplant and EcoFus under illumination with LED

phytoirradiator provided an increase in the reproduction factor. The coefficient was 5.0 pcs./explant that was 1.7 times higher than the control (3.0 pcs/explant), the LSD_{05} 1.4 pcs/explant. The maximum reproduction factor of remontant strawberry Brighton variety was obtained in the variant with the use of Siliplant and LED phytoirradiator and amounted to 4.9 pcs./explant (4.2 pcs./explant in the control), the LSD_{05} was 1.5 pcs./explant. Regardless of the lighting, the use of Ribav-Extra in all variants under study increased the rooting rate of the strawberry Korona micro-shoots from 92.8 to 99.1%, the LSD_{05} 6.1%. The use of LED phytoirradiator in comparison with the luminescent one (94.3%) provided a significant increase in the rooting rate of the strawberry Korona micro-shoots to 98.1% regardless of the growth regulators used, the LSD_{05} 3.5%. The combined use of LED phytoirradiator and Ribav-Extra growth regulator in concentrations of 1.0 and 1.5 mg/l resulted in rooting of strawberry Korona micro-shoots up to 100%. Regardless of the growth regulator used, the use of LED phytoirradiator in comparison with the luminescent one (88.9%) provided a significant increase in the rooting rate of the strawberry Brighton micro-shoots to 97.2%, the LSD_{05} 4.6%. The rooting rate of the remontant strawberry Brighton micro-shoots was 100% in the variant with the use of Ribav-Extra in the concentration of 1.0 mg/l combined with LED phytoirradiator 20 days after transplanting for rooting.

Key words: strawberry micro-shoots, nutrient medium, lighting, growth regulators

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme 0427-2018-0010).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Markova M. G., Somova E. N. Use of growth regulators and experimental LED phytoirradiator in clonal micropropagation of garden strawberry (*Fragaria ananassa*). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4):324-333. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>

Received: 15.05.2019

Accepted for publication: 01.07.2019

Published online: 30.08.2019

На современном этапе развития садоводства важной задачей является выращивание экономически выгодных культур, конкурентоспособных в условиях рынка, пользующихся высоким спросом. Всем этим требованиям отвечает земляника садовая – наиболее рентабельная среди ягодных культур, на долю которой приходится более 70% общемирового производства ягод [1].

Актуальность исследований обусловлена большой ценностью земляники садовой в садоводстве нашей страны и за рубежом [2]. Она скороплодна, имеет высокие вкусовые качества, а также богатый биохимический состав и лечебные свойства.

Основным фактором, обуславливающим эффективность возделывания ягодных культур по интенсивным технологиям, является высокопродуктивный оздоровленный посадочный материал, для получения которого наиболее перспективным методом является культура изолированных тканей. Этот метод позволяет не только ускорить производство посадочного материала, отвечающего требованиям современного садоводства, но и получать трудно-размножаемые сорта и гибриды [3, 4].

Для большинства ягодных культур метод клонального микроразмножения разработан достаточно эффективно. Однако в связи с изменяющимся сорtimentом и генотипическими особенностями культивирования *in vitro* уже разработанные технологии не всегда приемле-

мы и требуют постоянного совершенствования и корректировки [5, 6].

Традиционно работы по повышению эффективности клонального микроразмножения растений сводятся к оптимизации питательной среды и условий культивирования, к которым в том числе относятся световые воздействия [7, 8]. Поиск эффективных регуляторов роста для разработки технологий размножения и регенерации растений в культуре *in vitro* является актуальным для ремонтантных сортов земляники [9].

Для культивирования земляники садовой *in vitro* используют питательную среду с минеральной основой по прописи Мурасиге и Скуга¹ (МС), которая содержит цитокинин 6-бензиламинопурин (6-БАП). Гибберелловая кислота добавляется с целью удлинения микрочеренков земляники [10]. Для укоренения эксплантов, полученных в культуре *in vitro*, используют половину макро- и микросолей питательной среды Мурасиге-Скуга (МС ½) и индуктор ризогенеза индолил-3-масляную кислоту. С целью повышения технологичности процесса ризогенеза земляники садовой можно использовать препарат отечественного производства Рибав-Экстра [11]. Практический интерес представляет оптимизация состава питательной среды для укоренения такими регуляторами роста, как Силиплант и ЭкоФус, изученными ранее на этапе адаптации микро-растений земляники садовой [12].

¹Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;5(95):473-497.

Силиплант – хелатное микроудобрение марки «Универсальный», разработчик и изготовитель – ННПП «НЭСТ М» (г. Москва). Основное действующее вещество – биоактивный кремний (7,0%), содержит также жизненно необходимые микроэлементы в хелатной форме (железо, магний, марганец, медь, кобальт, цинк и бор)². ЭкоФус – органоминеральное удобрение из водорослей, разработчик и изготовитель – ННПП «НЭСТ М». Произведен на основе морской водоросли из акватории Белого моря фукуса пузырчатого, обладает иммуностимулирующим, антивирусным, антибактериальным и фунгицидным свойствами, содержит более 40 микроэлементов (йод, селен, кремний и др.), белки, аминокислоты, углеводы, витамины, клетчатку, органические кислоты, ферменты, каротиноиды, природные антибиотики и другие биологически активные вещества³. Рибав-Экстра – универсальный регулятор роста, корнеобразователь, в том числе трудноукореняемых растений. Содержит природный комплекс биологически активных веществ, продуцируемый микоризными грибами, выделенными из корня женьшеня, аминокислоты, липиды, пептиды, ферменты, витамины⁴.

В условиях *in vitro* большое влияние на процессы регенерации и ризогенеза растений оказывает спектральный состав света, являясь одним из факторов их биопродуктивности. Обычно для выращивания растений используются люминесцентные лампы, недостатками которых являются относительно небольшой срок эксплуатации и сильный нагрев. Этим недостатком лишены современные светодиодные облучатели. Использование светодиодных облучателей позволяет резко сократить энергозатраты на выращивание растений за счет их высокой светоотдачи, длительного рабочего ресурса и возможности регулирования спектра излучения. Спектральный состав их световых потоков соответствует фотосинтетической активности растений (ФАР) [13, 14, 15].

В связи с этим представляет интерес реакция микрочеренков земляники садовой

в культуре *in vitro* на облучение их экспериментальным программируемым светодиодным комбинированным мигающим фитооблучателем в сочетании с использованием регуляторов роста. Фитооблучатель, взятый для проведения исследований, является экспериментальной разработкой аспирантов кафедры автоматизированного электропривода Ижевской ГСХА.

Цель исследований – изучить влияние регуляторов роста при их различном сочетании в питательной среде и светодиодного фитооблучателя на прохождение этапов пролиферации и укоренения эксплантов земляники садовой в клональном микроразмножении.

Материал и методы. Исследования проведены на базе меристемной лаборатории Удмуртского НИИСХ. Объект исследований – микрочеренки земляники садовой сорта Корона и ремонтантной сорта Брайтон на этапах пролиферации и укоренения. Микрочеренки культивировали при освещенности 75-85 мМоль/м²*сек⁻¹, 6500 К, температуре 22...25°C, относительной влажности воздуха 70-75% и 16-часовом фотопериоде.

Введенные в культуру ткани апексы культивировали на питательной среде Мурасиге-Скуга с половинной дозой макро- и микро-солей (МС_{1/2}) с содержанием цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л при освещении люминесцентным облучателем. На этапе пролиферации изучали влияние регуляторов роста Силиплант, ЭкоФус и совместного их применения путем добавления в питательную среду МС. Гибберелловую кислоту в концентрации 0,2 мг/л добавляли с целью удлинения микрочеренков земляники и исключения этапа элонгации во всех изучаемых вариантах.

На этапе укоренения, где питательная среда имеет половинную дозу макро- и микро-элементов, исключены из изучения варианты с Силиплантом и ЭкоФусом как содержащие все макроэлементы и более 40 микроэлементов. Изучали влияние регулятора роста Рибав-Экстра в концентрации 0,5 мг/л путем добавления в питательную среду помимо индуктора ризогенеза индоллил-3-масляной кислоты (ИМК).

²Рекомендации о транспортировке, применении и хранении препарата Силиплант марки «Универсальный». URL: <https://superurozhay.ru/mineralnye-udobreniya/kak-primenyat-siliplant-dlya-uvlecheniya-urozhajnosti.html>

³Рекомендации о транспортировке, применении и хранении препарата ЭкоФус. URL: <https://www.yaесо.ru/zashhita-rastenij/udobrenija/ekofus>

⁴Рекомендации о применении препарата. URL: <http://selhozservis.ru/katalog/33-ribav-ekstra.html>

Используемый в эксперименте фитооблучатель состоит из двух светильников по шестнадцать светодиодов на каждом, последовательно связанных между собой с освещенностью, идентичной люминесцентному, $75-85 \text{ мМоль/м}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$, 6500 К. Основным узлом схемы является программируемый микроконтроллер. Генератором импульсов является кварцевый генератор. В схеме используется

минимум компонентов: один цифровой инвертор, один резистор, два конденсатора и кристалл кварца, который действует как высокоизбирательный элемент фильтра (рис. 1, 2). Для реализации необходимого алгоритма используется схемное решение на микросхеме низкой интеграции серии К561. Для преобразования напряжения использован понижающий однофазный трансформатор ОСМ 1-0.063.

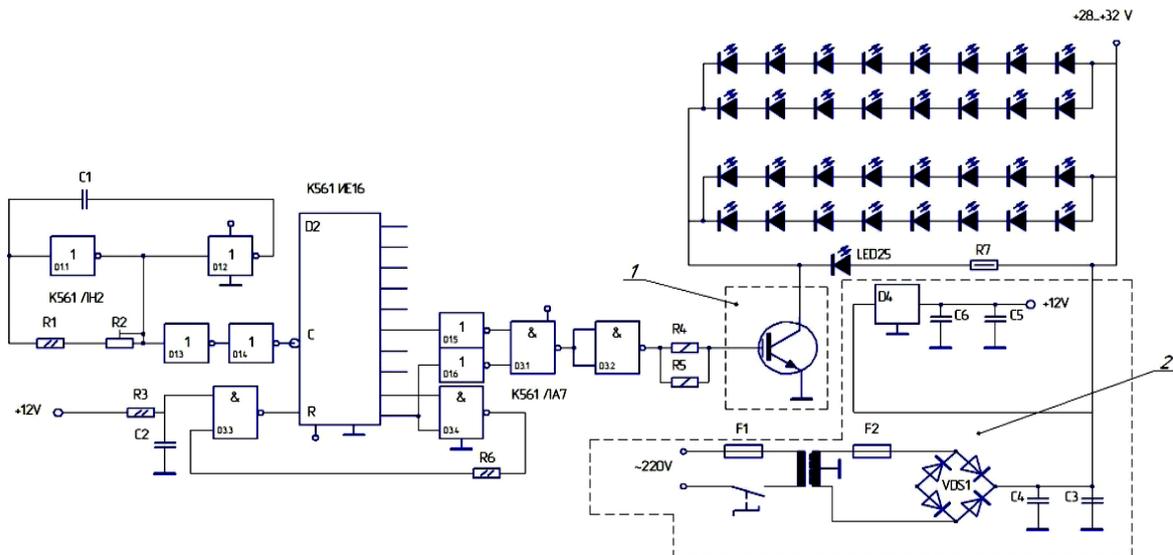
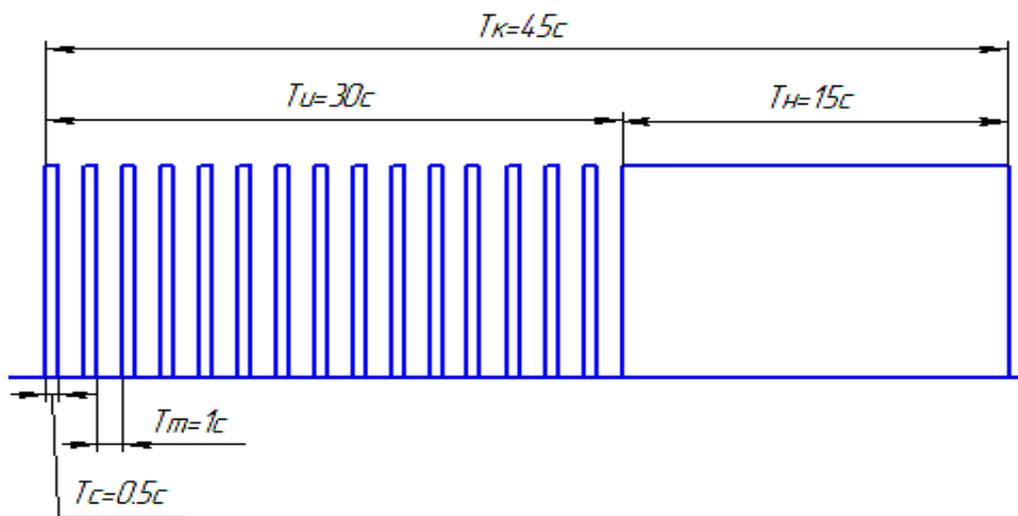


Рис.1. Схема работы прибора комбинированного излучения
Fig.1. Scheme of operation of the combined radiation device



- | | |
|--|--|
| T_c – длительность импульса излучения | T_c – radiation pulse duration |
| T_m – длительность темновой паузы | T_m – dark pause duration |
| T_U – длительность импульсного облучения | T_U – pulse irradiation duration |
| T_H – длительность непрерывного облучения | T_H – continuous exposure duration |
| T_k – период комбинированного режима облучения | T_k – period of the combined mode of radiation |

Рис. 2. График комбинированного режима облучения /
Fig. 2. Chart of the combined mode of radiation

Каждый вариант насчитывал 10 эксплантов, повторность эксперимента четырехкратная. Культуральным сосудом на этапе пролиферации служила колба круглая плоскодонная объемом 250 мл, в которую высаживали пять эксплантов. На этапе укоренения использовали пробирки биологические П2-21-200. Ростовые параметры микрорастений определяли согласно ГОСТ Р 54051-2010⁵. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа⁶.

Результаты и их обсуждение. При культивировании земляники садовой сорта Корона

(табл. 1), независимо от освещения, высокий коэффициент размножения получен при добавлении в питательную среду регуляторов Силиплант и ЭкоФус в концентрациях 0,5 мл/л и составил 4,3 шт/эксплант, что достоверно выше, чем в контрольном варианте (3,4 шт/эксплант) при НСР₀₅ 0,9 шт/эксплант. Применение разработанного светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (3,0 шт/эксплант), также способствовало значительному увеличению коэффициента размножения до 3,8 шт/эксплант, независимо от применяемых регуляторов роста при НСР₀₅ 0,8 шт/эксплант.

Таблица 1. Коэффициент размножения земляники садовой сорта Корона в зависимости от регуляторов роста и спектрального состава света в условиях *in vitro*, шт/эксплант / Table 1. The reproduction factor of garden strawberry Corona variety depending on growth regulators and spectral composition of light *in vitro*, pcs./explants

Регулятор роста (фактор А) / Growth regulator (factor A)	Облучатель (фактор В) / Irradiator (factor B)		Среднее по фактору А / Average for factor A
	люминесцентный (контроль) / luminescent (control)	светодиодный / LED light	
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л (контроль) / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l (control)	3,0	3,9	3,4
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 1,0 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + Siliplant 1.0 ml/l	3,0	3,7	3,3
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + ЭкоФус 1,0 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + EcoFus 1.0 ml/l	2,4	2,8	2,6
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 0,5 мл/л + + ЭкоФус 0,5 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + + Siliplant 0.5 ml/l + EcoFus 0.5 ml/l	3,6	5,0	4,3
Среднее по фактору В / Average for factor B	3,0	3,8	-

НСР₀₅ частных различий 1,4 / LSD₀₅ of particular differences 1.4
НСР₀₅ по фактору А 0,9 / LSD₀₅ in factor A 0.9; НСР₀₅ по фактору В 0,8 / LSD₀₅ in factor B 0.8

Условные обозначения: МС – питательная среда Мурасиге-Скуга; 6-БАП – 6-бензиламинопурин; ГК – гибберелловая кислота.
Legend: MS – Murashige and Skoog nutrient medium; 6-BAP – 6-benzylaminopurine; GA – gibberellic acid.

Максимальный коэффициент размножения земляники садовой сорта Корона получен в варианте совместного применения Силипланта и ЭкоФуса при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем и составил 5,0 шт/эксплант. Продолжительность субкультивирования составила 20 дней, так как конгломераты к этому сроку заняли весь объем культурального сосуда (колбы) и подлежали пересадке на укоренение.

При культивировании земляники ремонтантной сорта Брайтон (табл. 2), независимо от освещения, максимальный коэффициент размножения получен при добавлении в питательную среду регулятора Силиплант в концентрации 1,0 мл/л и составил 4,9 шт/эксплант, что выше, чем в контрольном варианте (4,6 шт/эксп.) при НСР₀₅ 0,9 шт/эксплант, но незначительно.

⁵ГОСТ Р 54051-2010 Плодовые и ягодные культуры. Стерильные культуры и адаптированные микрорастения. Технические условия.

⁶Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

Применение изучаемого светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (4,1 шт/эксп.), способствовало увеличению коэффициента до 4,5 шт/эксп., независимо от

применяемых регуляторов роста, при НСР₀₅ 0,4 шт/эксп. Спустя 20 дней с начала субкультивирования конгломераты были расчерченкованы и высажены на укоренение.

Таблица 2. Коэффициент размножения земляники ремонтантной сорта Брайтон в зависимости от регуляторов роста и спектрального состава света в условиях *in vitro*, шт/эксплант /

Table 2. The reproduction factor of remontant strawberry Brighton variety depending on growth regulators and spectral composition of light *in vitro*, pcs./explants

Регулятор роста (фактор А) / Growth regulator (factor A)	Облучатель (фактор В) / Irradiator (factor B)		Среднее по фактору А / Average for factor A
	люминесцентный (контроль) / luminescent (control)	светодиодный / LED light	
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л (контроль) / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l (control)	4,2	5,0	4,6
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 1,0 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + Siliplant 1.0 ml/l	4,9	4,9	4,9
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + ЭкоФус 1,0 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + EcoFus 1.0 ml/l	3,6	4,0	3,8
МС + 6-БАП 0,5 мг/л + ГК 0,2 мг/л + Силиплант 0,5 мл/л + + Экофус 0,5 мл/л / MS + 6-BAP 0.5 mg/l + GA 0.2 mg/l + + Siliplant 0,5 ml/l + EcoFus 0.5 ml/l	3,9	4,2	4,1
Среднее по фактору В / Average for factor B	4,1	4,5	-
НСР ₀₅ частных различий 1,5 / LSD ₀₅ of particular differences 1.5 НСР ₀₅ по фактору А 0,9 / LSD ₀₅ in factor A 0.9; НСР ₀₅ по фактору В 0,4 / LSD ₀₅ in factor B 0.4			
Условные обозначения:		Legend:	
МС – питательная среда Мурасиге-Скуга;		MS – Murashige and Skoog nutrient medium;	
6-БАП – 6-бензиламинопурин;		6-BAP – 6-benzylaminopurine;	
ГК – гибберелловая кислота.		GA – gibberellic acid.	

На укореняемость земляники садовой сорта Корона положительное влияние оказал как регулятор роста Рибав-Экстра, так и экспериментальный светодиодный фитооблучатель (табл. 3). Независимо от освещения, применение Рибав-Экстра во всех применяемых концентрациях увеличило укореняемость микрочеренков земляники с 92,8 до 99,1%, но при НСР₀₅ 6,1% данный показатель достоверен лишь в варианте с применением Рибав-Экстра в концентрации 1,5 мл/л. Независимо от применяемых концентраций регулятора роста, использование разработанного светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (94,3%), способствовало значительному увеличению укореняемости до 98,1% при НСР₀₅ 3,5%. Укореняемость микрочеренков земляники садовой сорта Корона составила 100% в вариантах с применением Рибав-Экстра в концентрациях 1,0 и 1,5 мл/л при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем через 10 дней после посадки на укоренение.

На укореняемость земляники ремонтантной сорта Брайтон также положительное влияние оказали как регулятор роста Рибав-Экстра, так и изучаемый светодиодный фитооблучатель (табл. 4, рис. 3). Независимо от освещения, применение Рибав-Экстра во всех изучаемых концентрациях увеличило укореняемость микрочеренков земляники. Но, в сравнении с контролем (89,3%), показатель укореняемости микрочеренков 96,2% достоверен только в варианте с концентрацией регулятора Рибав-Экстра 1,0 мл/л при НСР₀₅ 6,2%. Применение экспериментального светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным (88,9%), способствовало увеличению укореняемости микрочеренков земляники ремонтантной до 97,2%, независимо от применяемого регулятора роста, при НСР₀₅ 4,6%.

Укореняемость микрочеренков земляники Брайтон составила 100% в варианте с применением Рибав-Экстра в концентрации 1,0 мл/л при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем через 20 дней после высадки на укоренение.

Таблица 3. Укореняемость земляники садовой сорта Корона в зависимости от регулятора роста и освещения в условиях *in vitro*, % /

Table 3. The rooting rate of garden strawberry Corona variety depending on growth regulator and lighting *in vitro*, %

Регулятор роста (фактор А) / Growth regulator (factor A)	Облучатель (фактор В) / Irradiator (factor B)		Среднее по фактору А / Average for factor A
	люминесцентный (контроль) / luminescent (control)	светодиодный / LED light	
МС (контроль) + ИМК 0,5 мг/л / MS (control) + IBA 0.5 mg/l	90,0	95,6	92,8
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 0,5 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 0.5 ml/l	92,5	96,8	94,6
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,0 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 1.0 ml/l	96,4	100	98,2
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,5 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 1.5 ml/l	98,2	100	99,1
Среднее по фактору В / Average for factor B	94,3	98,1	-
НСР ₀₅ частных различий 9,5 / LSD ₀₅ of particular differences 9.5			
НСР ₀₅ по фактору А 6,1 / LSD ₀₅ in factor A 6.1			
НСР ₀₅ по фактору В 3,5 / LSD ₀₅ in factor B 3.5			
Условные обозначения:	Legend:		
МС – питательная среда Мурасиге-Скуга	MS – Murashige and Skoog nutrient medium		
ИМК – индолил-3-масляная кислота	IBA – Indole-3-butyric acid		

Таблица 4. Укореняемость земляники ремонтантной сорта Брайтон в зависимости от регулятора роста и освещения в условиях *in vitro*, % /

Table 4. The rooting rate of remontant strawberry Brighton variety depending on the growth regulator and lighting *in vitro*, %

Регулятор роста (фактор А) / Growth regulator (factor A)	Облучатель (фактор В) / Irradiator (factor B)		Среднее по фактору А / Average for factor A
	люминесцентный (контроль) / luminescent (control)	светодиодный / LED light	
МС (контроль) + ИМК 0,5 мг/л / MS (control) + IBA 0.5 mg/l	85,0	93,5	89,3
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 0,5 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 0,5 ml/l	89,6	96,7	93,1
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,0 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 1.0 ml/l	92,4	100	96,2
МС + ИМК 0,5 мг/л + Рибав-Экстра 1,5 мл/л / MS + IBA 0.5 mg/l + Ribav-Extra 1.5 ml/l	88,7	98,6	93,6
Среднее по фактору В / Average for factor B	88,9	97,2	-
НСР ₀₅ частных различий 9,3 / LSD ₀₅ of particular differences 9.3			
НСР ₀₅ по фактору А 6,2 / LSD ₀₅ in factor A 6.2			
НСР ₀₅ по фактору В 4,6 / LSD ₀₅ in factor B 4.6			
Условные обозначения:	Legend:		
МС – питательная среда Мурасиге-Скуга	MS – Murashige and Skoog nutrient medium		
ИМК – индолил-3-масляная кислота	IBA – Indole-3-butyric acid		

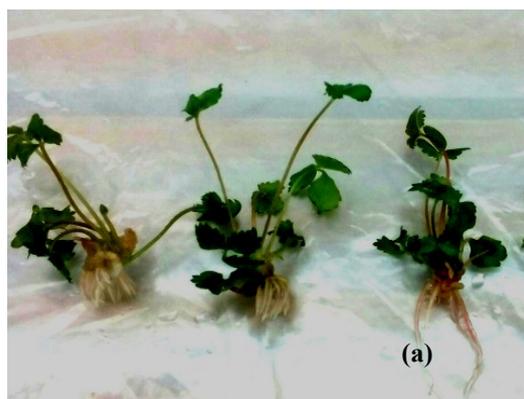


Рис. 3. Укорененные микрорастения земляники ремонтантной сорта Брайтон под люминесцентным (а) и светодиодным (б) фитооблучателями с применением Рибав-Экстра 1,0 мл/л /
Fig. 3. Rooted micro-plants of remnant strawberry Brighton variety under the luminescent (a) and LED (b) phytoirradiator using Ribav-Extra 1.0 ml/l

Выводы

1. Культивирование микрочеренков земляники садовой (*Fragaria ananassa*) сорта Корона на питательной среде с добавлением Силипланта и ЭкоФуса в концентрациях 0,5 мл/л при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем обеспечило максимальный коэффициент размножения 5,0 шт/эксплант, что в 1,7 раза выше, чем на контрольной питательной среде (3,0 шт/эксплант) при использовании люминесцентного облучателя.

2. Максимальный коэффициент размножения земляники ремонтантной сорта Брайтон отмечен при культивировании на питательной среде с добавлением Силипланта в концентрации 1,0 мл/л при освещении обоими облучателями. Применение экспериментального светодиодного фитооблучателя, в сравнении с люминесцентным, способствовало существенному увеличению коэффициента размножения земляники ремонтантной сорта Брайтон до 4,5 шт/эксплант, независимо от применяемого регулятора роста.

3. Продолжительность последнего субкультивирования по обоим сортам Корона и

Брайтон сократилась и составила 20 дней. Этому способствовало добавление в питательную среду гибберелловой кислоты в концентрации 0,2 мг/л, регуляторов роста Силиплант и ЭкоФус в концентрациях 0,5 мл/л, а также освещение микрочеренков земляники садовой экспериментальным светодиодным фитооблучателем.

4. Ризогенез микрочеренков земляники садовой сорта Корона в варианте с применением регулятора роста Рибав-Экстра в концентрациях 1,0 и 1,5 мл/л и освещением экспериментальным светодиодным фитооблучателем существенно активировался, при этом укореняемость составила 100% (в контрольном варианте 90,0%) через 10 дней после высадки на укоренение.

5. Укореняемость микрочеренков земляники ремонтантной сорта Брайтон на питательной среде с применением регулятора роста Рибав-Экстра в концентрации 1,0 мл/л при освещении экспериментальным светодиодным фитооблучателем составила 100% через 20 дней после высадки на укоренение, что существенно выше, чем в контрольном варианте (85,0%).

Список литературы

- Куликов И. М., Минаков И. А. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;(1):9-15. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/94>
- Subin A., Tkalenko G., Boroday V., Likhanov A. Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using biological preparations. *Агробиологія*. 2016;(2 (128)):85-90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28902855>
- Плаксина Т. В., Бородулина И. Д., Ворохобова Л. С., Леонова А. В. Современный биотехнологический подход к производству посадочного материала садовых культур. *Аграрная наука - сельскому хозяйству: материалы XII Междун. научн.-практ. конф.* Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2017. С. 239-241. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29361815>
- Мацнева О. В., Ташматова Л. В., Орлова Н. Ю., Шахов В. В. Микрклональное размножение земляники садовой. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2017;4(1-2):93-96. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29764741>
- Бородулина И. Д., Плаксина Т. В. Микро размножение земляники садовой сорта Московский деликатес. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XIV Междунар. научн. конф. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2017. С. 642-645. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22578458>

6. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro*. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(2):35-41. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.35-41>
7. Князева И. В. Влияние состава питательной среды на эффективность размножения земляники садовой *in vitro*. *Вестник ОрелГАУ*. 2013;40(1):89-92. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25681581>
8. Кондратьева Н. П., Корепанов Р. И., Ильясов И. Р., Большин Р. Г., Краснолуцкая М. Г., Сомова Е. Н., Маркова М. Г. Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018;(3):32-37. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-3-32-37>
9. Борисов А. Н., Сквородников Д. Н. Клональное микроразмножение ремонтантной земляники. Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы V Всеросс. научн.-практ. заочной конф. молодых ученых. Мин-во сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВПО "Курганская ГСХА им. Т. С. Мальцева". Лесниково: изд-во «Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева», 2014. С. 74-76. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26315913>
10. Сквородников Д. Н. Совершенствование клонального микроразмножения крыжовника. *Вестник ОрелГАУ*. 2012;(6):24-26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18843074>
11. Шипунова А. А. Клональное микроразмножение плодовых и декоративных культур в условиях промышленного производства. Биотехнология как инструмент сохранения разнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): материалы VII Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2016. С. 138-139. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27305480>
12. Амброс Е. В., Новикова Т. И., Ломовский О. И., Трофимова (Шаполова) Е. Г. Способ адаптации растений-регенерантов земляники: пат. № 2614261 Российская Федерация. №2015145363: заявл. 21.10.2015; опубл. 24.03.2017. Бюл. № 9. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=9850&DocNumber=2614261&TypeFile=html
13. Кондратьева Н. П., Краснолуцкая М. Г., Большин Р. Г. Использование прогрессивных электротехнологий электрооблучения меристемных растений. Биотехнология. Взгляд в будущее: материалы IV Междунар. научн. Интернет-конф. Казань, 2015. С. 52-56. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23658297>
14. Мартиросян Ю. Ц., Мартиросян В. В., Кособрюхов А. А. Современные технологии светокультуры растений – важнейший подход к повышению урожайности растений. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2018;(13):301-303. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35359170>
15. Мартиросян Ю. Ц., Диловарова Т. А., Кособрюхов А. А. Современные технологии светокультуры растений – важнейший подход к повышению урожайности. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016;(12):244-246. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26324189>

References

1. Kulikov I.M., Minakov I. A. *Razvitie sadovodstva v Rossii: tendentsii, problemy, perspektivy*. [Development of horticulture in Russia: trends, problems, prospects]. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(1):9-15. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/94>
2. Subin A., Tkalenko G., Boroday V., Likhanov A. Adaptation of regenerated strawberry plants to ex vitro using-biological preparations. *Агробиология*. 2016;(2 (128)):85-90. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28902855>
3. Plaksina T. V., Borodulina I. D., Vorokhobova L. S., Leonova A. V. *Sovremennyy biotekhnologicheskii podkhod k proizvodstvu posadochnogo materiala sadovykh kul'tur*. [Modern biotechnological approach to the production of planting material of horticultural crops]. *Agrarnaya nauka - sel'skomu khozyaystvu: materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Agrarian Science to Agriculture: Proceedings of the XIIth International scientific and practical Conference]. Barnaul: *Altayskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*, 2017. pp. 239-241. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29361815>
4. Matsneva O. V., Tashmatova L. V., Orlova N. Yu., Shakhov V. V. *Mikro-klonal'noe razmnozhenie zemlyaniki sadovoy*. [Microclonal reproduction of garden strawberry]. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*. 2017;4(1-2):93-96. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29764741>
5. Borodulina I. D., Plaksina T. V. *Mikrorazmnozhenie zemlyaniki sa-dovoy sorta Moskovskiy delikates*. [Micro-propagation of Moscow delicacy strawberry variety]. *Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK: materialy XIV Mezhdunar. nauchn. konf.* [Agroecological aspects of sustainable development of agriculture: Proceedings of the XIVth International scientific Conference]. Bryansk: *Bryanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*, 2017. pp. 642-645. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22578458>
6. Markova M. G., Somova E. N. *Vliyanie pitatel'noy sredy i spek-tral'nogo sostava sveta na razmnozhenie zemlyaniki in vitro*. [The influence of the nutrient medium and spectral composition of light on the reproduction of strawberries *in vitro*]. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(2):35-41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.35-41>
7. Knyazeva I. V. *Vliyanie sostava pitatel'noy sredy na effektivnost' razmnozheniya zemlyaniki sadovoy in vitro*. [Influence of the composition of the nutrient medium on the efficiency of reproduction of garden strawberry *in vitro*]. *Vestnik OrelGAU = Vestnik OrelGAU*. 2013;40(1):89-92. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25681581>
8. Kondrat'eva N. P., Korepanov R. I., Il'yasov I. R., Bol'shin R. G., Krasnolutsкая M. G., Somova E. N., Markova M. G. *Effektivnost' mikroprotsessornoy sistemy avtomaticheskogo upravleniya rabotoy svetodiodnykh obluchatel'nykh ustanovok*. [Efficiency of microprocessor-based automatic control system for LED irradiation plants]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i*

tekhologii = Agricultural Machinery and Technologies. 2018;(3):32-37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-3-32-37>

9. Borisov A. N., Skovorodnikov D. N. *Klonal'noe mikrorazmnozhenie remontantnoy zemlyaniki*. [Clonal micropropagation of remontant strawberries]. *Razvitie nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi: materialy V Vseross. nauchn.-prakt. zaochnoy konf. molodykh uchennykh. Min-vo sel'skogo khozyaystva RF; FGBOU VPO "Kurganskaya GSKhA im. T.S. Mal'tseva"*. [Development of scientific, creative and innovative activity of youth: Proceedings of the Vth all-Russian scientific and practical conference of young scientists]. Lesnikovo: *izd-vo «Kurganskaya GSKhA im. T.S. Mal'tseva»*. 2014. pp. 74-76. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26315913>

10. Skovorodnikov D. N. *Sovershenstvovanie klonal'nogo mikrorazmnozheniya kryzhovnika*. [Improving clonal gooseberry micropropagation]. *Vestnik OrelGAU = Vestnik OrelGAU*. 2012;(6):24-26. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18843074>

11. Shipunova A. A. *Klonal'noe mikrorazmnozhenie plodovykh i deko-rativnykh kul'tur v usloviyakh promyshlennogo proizvodstva*. [Clonal micropropagation of fruit and decorative crops in industrial production conditions]. *Biotehnologiya kak instrument sokhraneniya raznoobraziya rastitel'nogo mira (fiziologo-biokhimicheskie, embriologicheskie, geneticheskie i pravovye aspekty): materialy VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 30-letiyu otdela biotehnologii rasteniy Nikitskogo botanicheskogo sada*. [Biotechnology as an instrument for conservation of flora variety (physiological and biochemical, embryological, genetic and legal aspects): Proceedings of the VIIth International scientific and practical Conference on the 30th Anniversary of Plant Biotechnology Department of Nikitsky Botanical Garden]. Simferopol': *OOO «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial»*, 2016. pp. 138-139. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27305480>

12. Ambros E. V., Novikova T. I., Lomovskiy O. I., Trofimova (Shapolova) E. G. The adaptation method of plants-regenerants of strawberries: Patent RF, no. 2614261. 2015. URL: http://www1.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=261&DocNumber=2614261&TypeFile=html

13. Kondrat'eva N. P., Krasnolutsкая M. G., Bol'shin R. G. *Ispol'zovanie progressivnykh elektrotekhnologiy elektrooblucheniya meristemnykh rasteniy*. [Use of progressive electro-technologies of electrical radiation of meristem plants]. *Biotehnologiya. Vzglyad v budushchee: materialy IV Mezhdunar. nauchn. Internet-konf.* [Biotechnology. Looking to the future: Proceedings of the IVth International Scientific Internet Conference]. Kazan', 2015. pp. 52-56. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23658297>

14. Martirosyan Yu. Ts., Martirosyan V. V., Kosobryukhov A. A. *Sovremen-nye tekhnologii svetokul'tury rasteniy – vazhneyshiy podkhod k povysheniyu urozhaynosti rasteniy*. [Modern technologies of plant photocultures are the most important approach to increasing the yield of plants]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya*. 2018;(13):301-303. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35359170>

15. Martirosyan Yu. Ts., Dilovarova T. A., Kosobryukhov A. A. *Sovremen-nye tekhnologii svetokul'tury rasteniy – vazhneyshiy podkhod k povysheniyu urozhaynosti*. [Modern technologies of plant photocultures are the most important approach to increasing the yield]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya*. 2016;(12):244-246. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26324189>

Сведения об авторах:

✉ **Маркова Марина Геннадьевна**, научный сотрудник Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства – структурного подразделения ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, 1, с. Первомайский, Завьяловский район, Удмуртская Республика, 427007, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>**,

Сомова Елена Николаевна, старший научный сотрудник Удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства – структурного подразделения ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, 1, с. Первомайский, Завьяловский район, Удмуртская Республика, 427007, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>**

Information about the authors:

✉ **Marina G. Markova**, researcher, Udmurt Research Institute of Agriculture Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Lenin str., Pervomaisky village, Zavyalovsky district, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>**,

Elena N. Somova, senior researcher, Udmurt Research Institute of Agriculture Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Lenin str., Pervomaisky village, Zavyalovsky district, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>**

✉ - Для контактов / Corresponding author

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.334-342>

УДК 633.14:664.6: 664.667



Расширение ассортимента пряничных изделий функциональной направленности

© 2019. Н. К. Лаптева✉, Л. В. Митькиных

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

С целью расширения ассортимента мучных кондитерских изделий для здорового питания в 2017-2018 годах разработаны документации на новые пряничные изделия повышенной пищевой ценности: коврижка с черносливом и пряники «Забава», «Фантазия», «Вдохновение». Пищевая ценность новых пряничных изделий определяется содержанием в них муки ржаной обдирной, масла подсолнечного, чернослива, кураги, какао-порошка, которые обогащают изделия многими необходимыми для организма человека микроэлементами: пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК). Коврижка с черносливом по содержанию пищевых волокон (3,6%), витамина Е (2,9 мг%) и витамина В₁ (0,11 мг%) превосходит производственный аналог (пряники «Тулские») соответственно в 2,25; 4,1 и 1,37 раза. Минеральных веществ (К, Р, Са, Mg, Fe) в коврижке по сравнению с контролем содержится больше соответственно в 2,0; 1,3; 1,4; 2,4; 1,4 раза. Энергетическая ценность коврижки с черносливом ниже производственного аналога (пряники «Тулские») на 8,8%. В 100 г коврижки с черносливом и пряников «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» содержится от 2,9 до 4,0 г полиненасыщенной линолевой кислоты, что обеспечивает минимальную потребность организма человека в день. Пряники «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» превосходят производственный аналог (пряники «Фестивальные»): по содержанию минеральных веществ (К, Са, Mg, Р, Fe) в сумме – соответственно на 46,4; 98,4; 45,0%; пищевых волокон – в 1,7-2,2 раза; витамина Е – в 1,9-2,0 раза. Новые пряничные изделия являются функциональными: содержат 26,4...36,4% среднесуточной потребности человека в ПНЖК и 29,0...37,0% – витамина Е. Пряники «Забава» и «Фантазия» содержат соответственно 17,0; 20,0% среднесуточной потребности пищевых волокон и 15,7% – железа.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, мука ржаная хлебопекарная, пищевая ценность, биологическая и энергетическая ценность

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № АААА-А16-116021950068-1).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лаптева Н. К., Митькиных Л. В. Расширение ассортимента пряничных изделий функциональной направленности. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4): 334-342. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.334-342>

Поступила: 06.03.2019

Принята к публикации: 17.07.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Expansion of assortment of functional gingerbread products

© 2019. Nina K. Lapteva✉, Lyudmila V. Mitkinykh

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirou, Russian Federation

In order to expand the range of flour confectionary for healthy nutrition, documentation on new gingerbread products with increased food value was developed in 2017-2018. They are Prune gingerbread (kovrizhka) and gingerbread (pryanik) "Zabava", "Fantaziya", "Vdokhnovenie". The nutrition value of new gingerbread products is defined by the content of medium rye flour, sunflower oil, prunes, dried apricots, cocoa powder which enrich the products with many micronutrients necessary for a human body such as food fibers, mineral substances, vitamins, polyunsaturated fatty acids (PUFA). Prune gingerbread exceeds the production analog (Tula gingerbread) in the content of food fibers (3.6%), vitamin E (2.9 mg%) and vitamin B₁ (0.11 mg%) by 2.25; 4.1 and 1.37 times, respectively. It also has more mineral substances (K, P, Ca, Mg, Fe) in comparison with the control - 2.0; 1.3; 1.4; 2.4; 1.4 times, respectively. Energy value of Prune gingerbread is 8.8% lower than that of the production analog (Tula gingerbread). In 100 grams of Prune gingerbread and gingerbreads "Zabava", "Fantaziya", "Vdokhnovenie" there are from 2.9 to 4.0 g of polyunsaturated linoleic acid that satisfy the minimum body need a day. Gingerbreads "Zabava", "Fantaziya", "Vdokhnovenie" exceed the production analog (gingerbreads "Festivalnye") in the content of mineral substances (K, Ca, Mg, P, Fe) in total – by 46.4; 98.4; 45.0%, respectively; in food fibers – by 1.7-2.2

times; in vitamin E – by 1.9-2.0 times. New gingerbread products are functional as they contain 26.4-36.4% of average daily body need in PUFA and 29.0-37.0% of vitamin E. Gingerbreads 'Zabava' and 'Fantaziya' contain respectively 17.0 and 20.0% of average daily body need in food fibers and 15.7% – in iron.

Key words: flour confectionery, rye baking flour, nutrition value, biological and energy value

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme AAAA-A16-116021950068-1).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Lapteva N. K., Mitkinykh L. V. Expansion of gingerbread product line of functional orientation. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 334-342. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.334-342>

Received: 06.03.2019

Accepted for publication: 17.07.2019

Published: 30.08.2019

Политика государства в области здорового питания российского населения направлена на сохранение и укрепление здоровья граждан. Она предусматривает проведение профилактических мероприятий, направленных на снижение заболеваний, связанных с неполноценным и несбалансированным питанием. Одной из основных задач этой политики является расширение производства специализированных пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми нутриентами, и продуктов функционального назначения [1, 2].

Анализ фактического питания россиян свидетельствует о том, что рационы их питания характеризуются чрезмерным потреблением жиров животного происхождения и легкоусваиваемых углеводов, но дефицитны в отношении жизненно-необходимых веществ: макро- и микроэлементов, витаминов, пищевых волокон. Эти проблемы полностью решают специализированные продукты и продукты функционального назначения. Разработка продуктов питания нового поколения – инновационное направление в пищевой промышленности, имеющее большое практическое значение и важнейшую социальную значимость [3].

В производстве пищевой продукции функционального назначения используются вещества природного происхождения. В настоящее время все больше врачей-диетологов считают, что продукты питания повышенной биологической и пищевой ценности должны являться весомой частью ежедневного рациона [4].

Отрасль производства продукции функционального питания в наши дни интенсивно развивается: мировой рынок ежегодно увеличивается на 15-20%. При этом традиционно лидером является Япония – ей принадлежит более 39% мирового рынка функциональных продуктов. В ассортименте таких продуктов на

мировом рынке доминируют молочные и хлебопекарные – 72,9% [3].

В России производство продуктов питания функционального назначения развивается сегодня в направлении обогащения традиционных продуктов питания макро- и микронутриентами на фоне общей тенденции к уменьшению их калорийности. Наиболее перспективными объектами для придания функциональных свойств, наряду с молочными и мясными продуктами, являются продукты из злаковых культур: хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, относящиеся к продуктам регулярного употребления. Ассортимент этих изделий в последние годы увеличивается благодаря их особой привлекательности для населения [3, 4].

Перспективным направлением развития ассортимента мучных кондитерских изделий повышенной биологической и пищевой ценности является использование натуральных пищевых обогащителей [5, 6]. К ним относятся и продукты переработки зерна ржи, в первую очередь ржаная мука, что отмечает ряд авторов [7, 8, 9, 10, 11].

Объясняется это тем, что мука ржаная по сравнению с пшеничной отличается более богатым аминокислотным составом белковых веществ. В ржаной обдирной муке, по сравнению с пшеничной высшего сорта, содержится в 1,9 раза больше кальция, в 3,7 раза – магния, в 2,9 раза – железа; в 3,5 раза больше пищевых волокон; в 1,5 и более раза – витаминов группы В и витамина Е (α -токоферола)¹.

Наряду с ржаным и другим зерновым сырьем, к натуральным пищевым обогащителям также относятся продукты переработки масличных культур (масло подсолнечное и др.), а также новые и нетрадиционные виды сырья (чернослив, курага, какао-порошок и др.).

¹Тутельян В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания / Справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012. 284 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1797250/>

В настоящее время значимой является проблема коррекции жирнокислотного состава жировых компонентов пищи. Вследствие недостаточного потребления рыбных продуктов в рационе населения РФ прослеживается дефицит полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которые необходимы, прежде всего, для нормального выполнения функций организма человека. В решении этой задачи важную роль играют продукты переработки семян масличных культур с высоким содержанием эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот. К ним относится широко распространенное подсолнечное масло, составляющее до 90% сырья, перерабатываемого масложировой промышленностью.

Масло подсолнечное богато полиненасыщенной жирной линолевой кислотой (55-75%) и содержит 44 мг% токоферола (витамина E), в том числе наиболее витаминноактивного α -токоферола – 39 мг%. Витамин E участвует в процессах тканевого дыхания, способствует усвоению белков и жиров, влияет на функцию половых и других желез^{2,3}.

Чернослив отличается высоким содержанием простых углеводов, пищевых волокон; витаминов (E, PP, B₂), таких макро- и микроэлементов, как калий, магний, фосфор и железо. Чернослив – одно из наиболее эффективных средств для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонии, способствует нормализации обмена веществ и работы желудочно-кишечного тракта. Он богат антиоксидантами, поэтому используется в целях профилактики онкологических заболеваний^{4,5}.

Какао-порошок богат белком, клетчаткой, витаминами, фолиевой кислотой, минералами; по содержанию железа и цинка его можно назвать лидером среди продуктов. Какао-порошок богат флавоноидами, которые обладают антиоксидантными свойствами⁶ [12].

Курага отличается богатым составом минеральных веществ, в том числе калием, кальцием, магнием, железом, фосфором. Много в ней витаминов: каротина (провитамина A), C, PP и группы B. Витамин A активизирует синтез коллагена, таурина, гиалуроновой кислоты. Витамин C – сильнейший антиоксидант, укрепляет иммунитет человека. Витамины группы B участвуют в обмене веществ, синтезе гемоглобина, улучшают зрение. Содержащаяся в кураге никотиновая кислота участвует в метаболизме белковых веществ, жиров и других биосинтетических процессах. Курага способствует выведению из организма избытков холестерина, нормализует работу поджелудочной железы, поэтому рекомендуется при сердечно-сосудистых заболеваниях, гипертонии, а также диабете, авитаминозе, анемии⁷ [13, 14].

Таким образом, использование вышеперечисленных видов пищевого сырья будет способствовать повышению пищевой ценности изделий, в составе которых оно применяется.

Цель исследований – разработать научно-технические документации на новые мучные кондитерские изделия повышенной биологической и пищевой ценности функционального назначения с использованием ржаного сырья, продуктов переработки семян масличных, плодово-ягодных культур и других видов сырья.

Материал и методы. Исследования проведены в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в период 2017-2018 гг. Для проведения лабораторных исследований по отработке технологии производства новых пряничных изделий использовали нормативные документы на все виды применяемого сырья и принятые в промышленности методы испытаний. Для разработки и подготовки научно-технической документации использовали нормативные документы^{8,9}.

²Тутельян В. А. Указ. соч.

³Химический состав пищевых продуктов. Кн.2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. проф., д-ра тех. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. С. 25. URL: <https://www.twirpx.com/file/37396/>

⁴Тутельян В. А. Указ. соч.

⁵Савельев Н. И., Леонченко В. Г., Макаров В. Н., Жбанова Е. В., Черенкова Т. А. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки. Мичуринск: Изд-во ГНУ ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина Россельхозакадемии, 2004. С. 16-18.

⁶Тутельян В. А. Указ. соч.

⁷Тутельян В. А. Указ. соч.

⁸ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению».

⁹ГОСТ 15810-2014 «Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия»

Содержание пищевых веществ, степень удовлетворения потребности человека в дефицитных веществах и энергетическую ценность продуктов рассчитывали на основе сведений, приведенных в справочной литературе¹⁰. В качестве контрольного варианта использовали близкие по рецептуре аналогичные изделия, имеющиеся в производстве: пряники «Туль-



Рис. 1. Коврижка с черносливом / Fig. 1. Prune gingerbread (kovrizhka)

Коврижка с черносливом изготавливается из смеси муки пшеничной высшего сорта и ржаной обдирной, масла подсолнечного, чернослива и другого сырья. Коврижка выпускается весовой, поверхность покрыта глазурью. Пищевая ценность коврижки с черносливом определяется содержанием в ней муки ржаной обдирной, масла подсолнечного и чернослива, которые значительно обогащают изделие необходимыми для организма человека минеральными веществами (К, Р, Са, Mg, Fe), пищевыми волокнами, витаминами, полиненасыщенной линолевой кислотой. Коврижка с черносливом по содержанию пищевых волокон (3,6%), витамина Е (2,9 мг%) и витамина В₁ (0,11 мг%) превосходит производственный аналог (пряники «Тульские») в 2,25, 4,1 и 1,37 раза соответственно (табл. 1).

Минеральных веществ (К, Р, Са, Mg, Fe) в коврижке по сравнению с контрольным образцом содержится больше в 2,0, 1,3, 1,4, 2,4, 1,4 раза соответственно.

В 100 г коврижки с черносливом содержится 2,9 г полиненасыщенной линолевой кислоты (в пряниках «Тульские» – лишь 0,1 г). Следует отметить, что минимальная потреб-

ность организма человека в линолевой кислоте составляет 2-6 г в день, поэтому употребление всего 100 г нового изделия в сутки может покрыть суточную потребность человека в этой важной полиненасыщенной жирной кислоте.

Энергетическая ценность (ЭЦ) коврижки с черносливом ниже производственного аналога (пряников «Тульские») на 8,8% за счет меньшего содержания углеводов в новом изделии, а также благодаря использованию в рецептуре чернослива (ЭЦ его составляет 256 ккал/100 г) и частичной замене пшеничной муки высшего сорта на менее калорийную – ржаную обдирную.



Рис. 2. Пряники (слева направо): «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» / Fig. 2. Gingerbread (pryanik) left to right: 'Zabava', 'Fantaziya', 'Vdokhnovenie'

ность организма человека в линолевой кислоте составляет 2-6 г в день, поэтому употребление всего 100 г нового изделия в сутки может покрыть суточную потребность человека в этой важной полиненасыщенной жирной кислоте.

Энергетическая ценность (ЭЦ) коврижки с черносливом ниже производственного аналога (пряников «Тульские») на 8,8% за счет меньшего содержания углеводов в новом изделии, а также благодаря использованию в рецептуре чернослива (ЭЦ его составляет 256 ккал/100 г) и частичной замене пшеничной муки высшего сорта на менее калорийную – ржаную обдирную.

Стоимость сырья (по ценам на 24.01.2018 г.) в расчете на 1 тонну готовой продукции для производства коврижки с черносливом на 48,19% ниже стоимости сырья выпускаемых в производстве пряников «Тульские» (табл. 2). Это объясняется тем, что в производстве коврижки вместо дорогих видов сырья используются более дешевые, но высокой пищевой ценности (вместо масла сливочного – масло подсолнечное, часть муки пшеничной высшего сорта заменена на муку ржаную обдирную).

¹⁰Тутельян В. А. Указ. соч.

¹¹ГОСТ 15810-2014.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

*Таблица 1 – Пищевая ценность 100 г коврижки с черносливом /
Table 1 – Nutritional value 100 g of gingerbread with prunes*

<i>Наименование / Parameter</i>	<i>Пряники «Тульские» (контроль) / Tula gingerbread (control)</i>	<i>Коврижка с черносливом / Prune gingerbread</i>	<i>± к контролю, % / ± to control, %</i>
Белки, г / Proteins, g	5,3	5,0	-5,7
Жиры, г / Fats, g	5,5	5,7	+3,6
в т.ч. полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая) / including polyunsaturated fatty acids (linoleic)	0,1	2,9	В 28 раз
Углеводы, г / Carbohydrates, g	75,9	67,4	-11,2
Пищевые волокна, г / Food fibers, g	1,6	3,6	+125,0
Минеральные вещества, мг / Mineral substances, mg:			
калий / potassium	81	165	+103,7
кальций / calcium	15	21	+40,0
магний / magnesium	9	22	+144,4
фосфор / phosphorus	53	70	+32,1
железо / iron	0,9	1,3	+44,4
Витамины, мг / vitamins, mg:			
Е	0,7	2,9	+314,3
В ₁	0,08	0,11	+37,5
В ₂	0,06	0,06	0,0
РР	0,6	0,6	0,0
Энергетическая ценность, ккал/кДж / Energy value, Kcal / kJ	374/1565	341/1427	-8,8

*Таблица 2 – Стоимость сырья для производства коврижки с черносливом в расчете на 100 кг муки (по ценам на 24.01.2018 г.) /
Table 2 – Material cost for production of prune gingerbread counting on 100 kg of flour (in costs of 24/01/2018)*

<i>Наименование показателей / Parameter</i>	<i>Пряники «Тульские» (контроль) / Tula gingerbread (control)</i>	<i>Коврижка с черносливом / Prune gingerbread</i>
Стоимость сырья, руб. / Material cost, roubles	88538,23	45863,63
± к контролю, руб. / to control, roubles	-	-42674,60
± к контролю, % / to control, %	-	-48,19

Разработана Технологическая инструкция по производству сырцовых пряников «Забава», «Фантазия» и «Вдохновение», которые представляют собой круглые или фигурные изделия. Пряники выпускаются весовыми, поверхность глазированной (рис. 2).

Пищевая ценность пряников «Забава», «Фантазия» и «Вдохновение» определяется содержанием в них муки ржаной обдирной, масла подсолнечного, а также какао-порошка

(в пряниках «Забава» и «Фантазия»), кураги (в пряниках «Фантазия»), чернослива (в пряниках «Вдохновение»).

Ржаная обдирная мука от пшеничной муки высшего сорта отличается более сбалансированным аминокислотным составом белковых веществ, более низкой калорийностью, содержит значительно больше минеральных веществ, микроэлементов, витаминов и пищевых волокон. Масло подсол-

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

нечное, входящее в состав изделий, обогащает их полиненасыщенной линолевой кислотой, которая необходима организму человека для обеспечения нормального роста и обмена веществ.

В 100 г пряников «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» содержится 4,0, 3,4, 3,4 г линолевой кислоты соответственно, что обеспечивает минимальную потребность организма человека в день (табл. 3).

Таблица 3 – Пищевая ценность 100 г пряников «Забава», «Фантазия» и «Вдохновение» / Table 3 – Nutritional value of 100 g of gingerbreads 'Zabava', 'Fantaziya', and 'Vdokhnovenie'

Пищевые вещества / Food substances	Пряники / gingerbread						
	«Фестивальные» (контроль) / 'Festiva'nye' (control)	«Забава» / 'Zabava'		«Фантазия» / 'Fantaziya'		«Вдохновение» / 'Vdokhnovenie'	
		всего / in total	± к кон- тролю, % / ± to control, %	всего / in total	± к кон- тролю, % / ± to control, %	всего / in total	± к контро- лю, % / ± to control, %
Белки, г / Proteins, g	5,7	6,7	+ 17,5	6,5	+ 14,0	6,1	+7,0
Жиры, г / Fats, g	4,8	7,9	+ 64,6	6,9	+ 43,7	6,7	+39,6
в т.ч. полиненасыщенные жирные кислоты (линоле- вая) / including polyunsatu- rated fatty acids (linoleic)	0,7	4,0	+ 471,4	3,4	+385,7	3,4	+385,7
Углеводы, г / Carbohydrates, g	72,6	66,6	- 8,3	66,7	- 8,1	68,5	-5,6
Пищевые волокна, г / Food fibers, g	2,7	5,1	+ 88,9	6,0	+122,2	4,5	+66,7
Минеральные вещества, мг / Mineral substances, mg:	240,5	352,2	+ 46,4	477,2	+ 98,4	348,7	+45,0
калий / potassium	120	183	+ 52,5	292	+143,3	198	+65,0
кальций / calcium	16	21	+ 31,3	31	+93,7	24	+50,0
магний / magnesium	29	40	+ 37,9	44	+ 51,7	34	+17,2
фосфор / phosphorus	74	106	+ 43,2	108	+ 45,9	91	+23,0
железо / iron	1,5	2,2	+ 46,7	2,2	+ 46,7	1,7	+13,3
Витамины, мг / Vitamins, mg:							
Е	1,80	3,70	+ 105,6	3,7	+105,6	3,40	+88,9
В ₁	0,12	0,17	+ 41,7	0,16	+ 33,3	0,15	+25,0
В ₂	0,06	0,08	+ 33,3	0,09	+ 50,0	0,10	+66,7
РР	1,06	1,00	- 5,7	1,12	+ 5,7	1,03	-2,9
Энергетическая ценность, ккал/кДж / Energy value, Kcal/kJ	356/ 1489	364/ 1523	+ 2,2	355/ 1485	-0,3	359/ 1502	+0,8

Входящие в состав новых пряников чернослив, курага и какао-порошок богаты минеральными веществами (К, Са, Mg, P, Fe), пищевыми волокнами, витаминами и содержат большое количество антиоксидантов. Поэтому пряники «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» превосходят производственный аналог (пряники «Фестивальные») по пищевым волокнам –

в 1,9; 2,2; 1,7 раза соответственно, по минеральным веществам (К, Са, Mg, P, Fe) в сумме – на 46,4, 98,4, 45,0% соответственно, по витамину Е – в 1,9-2,0 раза. Энергетическая ценность пряников «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» близка к контрольному образцу.

Новые пряничные изделия – коврижка с черносливом и пряники «Забава», «Фантазия»,

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

«Вдохновение» – являются функциональными: содержат более 15% суточной физиологической потребности человека¹²: полиненасыщенных жирных кислот (26,4...36,4%); витамина Е

(29,0...37,0%). Кроме того, пряники «Забава» и «Фантазия» содержат соответственно 17,0; 20,0% суточной потребности пищевых волокон и 15,7% – железа (табл. 4).

Таблица 4 – Функциональная значимость коврижки с черносливом и пряников «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» /

Table 4 – Functional importance of Prune gingerbread and gingerbreads 'Zabava', 'Fantaziya', 'Vdokhnovenie'

Пищевые вещества / Food substances	Среднесуточная физиологическая потребность человека по СанПиН / Daily physiological needs for human according to SanPiN	Степень удовлетворения суточной потребности человека при употреблении 100 г продукта, % / Degree of satisfying daily needs for human using 100g of the product, %			
		коврижка с черносливом / prune gingerbread	пряники / gingerbread		
			«Забава» / 'Zabava'	«Фантазия» / 'Fantaziya'	«Вдохновение» / 'Vdokhnovenie'
Белки, г / Proteins, g	75	6,7	8,9	8,7	8,1
Жиры, г / Fats, g	83	6,9	9,5	8,3	8,1
в т.ч. полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая) / including polyunsaturated fatty acids (linoleic)	11	26,4	36,4	30,9	30,9
Углеводы, г / Carbohydrates, g	365	18,5	18,2	18,3	18,8
Пищевые волокна, г / Food fibers, g	30	12,0	17,0	20,0	15,0
Минеральные вещества, мг / Mineral substances, mg:					
калий / potassium	3500	4,7	5,2	8,3	5,7
магний / magnesium	400	5,5	10,0	11,0	8,5
фосфор / phosphorus	1000	7,0	10,6	10,8	9,1
железо / iron	14	9,3	15,7	15,7	12,1
Витамины, мг / Vitamins, mg:					
Е	10	29,0	37,0	37,0	34,0
В ₁	1,5	7,3	11,3	10,7	10,0

Выводы. Новые пряничные изделия – коврижка с черносливом и пряники «Забава», «Фантазия», «Вдохновение» – являются функциональными: содержат 26,4...36,4% среднесуточной потребности человека в полиненасыщенных жирных кислотах и 29,0...37,0% – витамина Е. Пряники «Забава» и «Фантазия» содержат также соответственно от 17,0 до 20,0% среднесуточной потребности пищевых волокон и 15,7% – железа. Новые изделия от-

личаются от производственных аналогов повышенным содержанием линолевой кислоты, витамина Е, пищевых волокон, витаминов В₁, В₂, железа и других минеральных веществ.

Использование в питании новой продукции, дополнительно обогащенной недостающими нутриентами, позволит донести ее до самых широких групп населения, в том числе наиболее нуждающихся в улучшении пищевого статуса и здоровья.

¹²ГОСТ Р 52349–2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» (Изм. № 1 от 01.03.2011 г.)

Список литературы

1. Цыганова Т. Б., Миневи́ч И. Э., Зубцов В. А., Осипова Л. Л. Перспективы использования семян льна и льняной муки. *Хлебопечение России*. 2014;(4):18-19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21853020>
2. Чубенко Н. Т., Костюченко М. Н., Киндра Н. А. Вопросы освоения производства функциональных хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*. 2012;(3):4-6. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17849269>
3. Никитин И. А. Теоретические аспекты технологии эффективной функциональности пищевых продуктов. Усиление конкурентного потенциала пищевых предприятий путем развития эффективных биотехнологий: материалы научн.-практ. конф. с междунар. участием. Отв. ред. М. Н. Костюченко. М.: Издательский комплекс «Буки ве́ди», 2016. С. 84-87. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26777153>
4. Шевченко И. А. Функциональное питание. *Здоровое питание*. 2012;(2):10.
5. Тимофеев В. «Полисом-Ф» – натуральный продукт. *Хлебопечение России*. 2014;(5):21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34041866>
6. Коровина Е. С., Никитин И. А., Кулаков В. Г., Пыресева А. И. Разработка рецептуры печенья «Бенефит» с витаминным комплексом Веторон-Е на основе амарантовой муки. Усиление конкурентного потенциала пищевых предприятий путем развития эффективных биотехнологий: материалы научн.-практ. конф. с междунар. участием. Отв. ред. М. Н. Костюченко. М.: Издательский комплекс «Буки ве́ди», 2016. С.57-60.
7. Кузнецова Л. И., Сурмач Э. М. Применение заквасок и заварок в технологии кексов из ржаной муки. Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: сб. научн. тр. М., 2014. С.252-257. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21734237>
8. Сурмач Э. М., Кузнецова Л. И. Повышение пищевой ценности кексов. *Хлебопечение России*. 2014;(1):25-28. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33936865>
9. Кузнецова Л. И., Сурмач Э. М. Использование ржаной муки в технологии кексов. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2014;(1):60-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25062900>
10. Лаптева Н. К. Использование ржаного сырья в производстве мучных кондитерских изделий для создания продуктов функциональной направленности. *Кондитерское производство*. 2017;(3):11-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29757961>
11. Jonsson K., Andersson R., Knudsen K. E. B., Hallmans G., Hanhineva K., Katina K., Kolehmainen M., Kur S., Langton M., Nordlund E., Nygaard Lærke H., Olsen A., Poutanen K., Tjønneland A., Landberg R.. Rye and health - Where do we stand and where do we go? *Trends in Food Science & Technology*. 2018;79:78-87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.018>
12. Магомедов Г. О., Олейникова А. Я., Плотникова И. В., Шевякова Т. А., Шестакова К. И., Бородкина М. Н. Использование порошка какаоеллы в производстве шоколадных кексов. *Хлебопродукты*. 2013;(6):35-37. Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33844283>
13. Летяго Ю. А., Панкова А. В. Использование кураги в хлебобулочных изделиях. Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2016. С. 77-78. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26393500>
14. Усубалиева А. М., Сартова К. А., Осмонбаева Ж. А., Элеманова Р. Ш., Тынарбекова М. Т. Исследование сушеного абрикоса, выращенного в Кыргызской республике. *Проблемы современной науки и образования*. 2017;(15 (97)):27-30. Режим доступа: <https://ip11.ru/images/PDF/2017/97/PMSE-15-97>

References

1. Tsyganova T. B., Minevich I. E., Zubtsov V. A., Osipova L. L. *Perspektivy ispol'zovaniya semyan l'na i l'nyanoy muki*. [Prospects of use of linen seeds and linen flour]. *Khlebopechenie Rossii = Baking in Russia*. 2014;(4):18-19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21853020>
2. Chubenko N. T., Kostyuchenko M. N., Kindra N. A. *Voprosy osvoeniya proizvodstva funktsional'nykh khlebobulochnykh izdeliy*. [Problems of development of production of functional bakery products]. *Khlebopechenie Rossii = Baking in Russia*. 2012;(3):4-6. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17849269>
3. Nikitin I. A. *Teoreticheskie aspekty tekhnologii effektivnoy funktsional'nosti pishchevykh produktov*. [Theoretical aspects of technology of foodstuff effective functionality]. *Usilenie konkurentnogo poten-tsiyala pishchevykh predpriyatiy putem razvitiya effektivnykh biotekhnologiy: materialy nauchn.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem*. [Strengthening of competitive capacity of food enterprises by development of effective biotechnologies: Proceedings of scientific and practical Conference with international participation]. *Otv. red. M.N. Kostyuchenko*. Moscow: *Izdatel'skiy kompleks «Buki veidi»*, 2016. pp.84-87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26777153>
4. Shevchenko I. A. *Funktsional'noe pitanie*. [Functional diet]. *Zdorovoe pitanie*. 2012;(2):10. (In Russ.).
5. Timofeev V. *«Polisom-F» – natural'nyy produkt*. [«Polisom-F» – a natural product]. *Khlebopechenie Rossii = Baking in Russia*. 2014;(5):21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34041866>
6. Korovina E. S., Nikitin I. A., Kulakov V. G., Pyreseva A. I. *Razrabotka retseptury pechen'ya «Benefit» s vitaminnym kompleksom Vektoron-E na osnove amarantovoy muki*. [Development of a compounding of the Benefit cookies with the vitamin Vektoron-E complex on the basis of amaranth flour]. *Usilenie konkurentnogo potentsiala*

pishchevykh predpriyatii putem razvitiya effektivnykh biotekhnologiy: materialy nauchn.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. [Strengthening of competitive capacity of food enterprises by development of effective biotechnologies: Proceedings of scientific and practical Conference with international participation]. *Otv. red. M.N. Kostyuchenko*. Moscow: *Izdatel'skiy kompleks «Buki vedi»*, 2016. pp.57-60.

7. Kuznetsova L. I., Surmach E. M. *Primenenie zakvasok i zavarok v tekhnologii keksov iz rzhany muki*. [Use of ferments and tea leaves in technology of cakes from rye flour]. *Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov: sb. nauchn. tr.* [Perspective fermental medicines and biotechnological processes in technologies of food and forages. Collection of scientific articles]. Moscow, 2014. pp.252-257. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21734237>

8. Surmach E. M., Kuznetsova L. I. *Povyshenie pishchevoy tsennosti keksov*. [Increase in nutrition value of cakes]. *Khlebopechenie Rossii = Baking in Russia*. 2014;(1):25-28. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33936865>

9. Kuznetsova L. I., Surmach E. M. *Ispol'zovanie rzhany muki v tekhnologii keksov*. [Use of rye flour in technology of cakes]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya = Food Technology*. 2014;(1):60-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25062900>

10. Lapteva N. K. *Ispol'zovanie rzhanogo syr'ya v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdeliy dlya sozdaniya produktov funktsional'noy napravlenosti*. [Use of rye raw materials in production of flour confectionery for creation of products of functional orientation]. *Konditerskoe proizvodstvo = Confectionery manufacture*. 2017;(3):11-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29757961>

11. Jonsson K., Andersson R., Knudsen K. E. B., Hallmans G., Hanhineva K., Katina K., Kolehmainen M., Kyr C., Langton M., Nordlund E., Nygaard Lærke H., Olsen A., Poutanen K., Tjønneland A., Landberg R.. Rye and health - Where do we stand and where do we go? *Trends in Food Science & Technology*. 2018;79:78-87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.018>

12. Magomedov G. O., Oleynikova A. Ya., Plotnikova I. V., Shevyakova T. A., Shestakova K. I., Borodkina M. N. *Ispol'zovanie poroshka kakaovelly v proizvodstve shokoladnykh keksov*. [Kakaovella powder use in production of chocolate cakes]. *Khleboprodukt*. 2013;(6):35-37. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33844283>

13. Letyago Yu. A., Pankova A. V. *Ispol'zovanie kuragi v khlebobulochnykh izdeliyakh*. [Use of dried apricots in bakery products]. *Aktual'nye voprosy nauki i khozyaystva: novye vyzovy i resheniya*. [Topical issues of science and economy: new challenges and solutions]. Tyumen': *GAU Severnogo Zaural'ya*, 2016. pp. 77-78. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26393500>

14. Usubalieva A. M., Sartova K. A., Oskonbaeva Zh. A., Elemanova R. Sh., Tynarbekova M. T. *Issledovanie sushenogo abrikosa, vyrashchennogo v Kyrgyzskoy respublike*. [Research of the dried apricot which is grown up in the Kyrgyz republic]. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2017;(15 (97)):27-30. (In Russ.). URL: <https://ipil.ru/images/PDF/2017/97/PMSE-15-97>

Сведения об авторах:

✉ Лаптева Нина Кузьминична, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории озимой ржи ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8015-9342>,

Миткиных Лидия Викторовна, инженер-технолог, младший научный сотрудник лаборатории озимой ржи ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9960-4490>

Information about authors:

✉ **Nina K. Lapteva**, PhD in Agricultural Sciences, senior researcher, the Laboratory of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8015-9342>,

Lidiya V. Mitkinikh, process engineer, research assistant, the Laboratory of winter rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9960-4490>

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350>



УДК 633.2: 631.55.034: 631.552

Кормовая ценность суданской травы в зависимости от срока уборки

© 2019. А. В. Алабушев, Н. А. Ковтунова✉, В. В. Ковтунов, Г. М. Ермолина
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Ростовская область,
Российская Федерация

Среди ученых нет единого мнения о том, в какую фазу вегетации уборка зеленой массы суданской травы наиболее оптимальна и обеспечивает наибольший выход высококачественного корма. Это зависит от особенностей региона, сортового состава и, в связи с этим, данные исследования являются актуальными и востребованными. Цель исследований – выявить оптимальные сроки уборки зеленой массы суданской травы, которые будут обеспечивать максимальную кормовую ценность. Исследования проводили в 2015-2018 гг. в условиях Ростовской области. В качестве объекта исследований использовали сорт суданской травы Александрина. Наибольший прирост высоты растений в сутки наблюдался в периоды «30-день – выход в трубку» – 7,18 см и «выход в трубку – выметывание» – 5,83 см. Рост растений после цветения прекращается и увеличение урожайности зеленой массы может быть только за счет боковых стеблей. Структурный анализ показал, что наибольшая часть зеленой массы суданской травы представлена стеблем (58-61%). Доля листьев, которые считаются наиболее питательной частью, по мере развития растений снижалась с 35% («выход в трубку») до 20% («молочная спелость зерна»). Урожайность зеленой массы суданской травы определялась, главным образом, первым укосом (59-63% от общей суммы). Зеленая масса второго укоса соответствовала норме переваримого протеина в 1 кормовой единице (113,7-128,9 г), с максимальными значениями при уборке в фазе «выметывание». Несмотря на то, что от фазы «выход в трубку» до фазы «цветение» происходило увеличение урожайности зеленой массы, содержание сырого протеина снижалось с 10,45 до 7,96%. Это повлекло за собой снижение обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым протеином. Таким образом, данные урожайности и качества зеленой массы суданской травы Александрина показали, что к ее уборке можно приступать уже в фазе «выход в трубку», однако, наибольшая питательная ценность отмечена в фазе «начало выметывания».

Ключевые слова: суданская трава Александрина, урожайность, зеленая масса, переваримый протеин, динамика роста, укос, фаза вегетации

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема №0706-2019-0001).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Алабушев А. В., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Ермолина Г. М. Кормовая ценность суданской травы в зависимости от срока уборки. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4): 343-350. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350>

Поступила: 29.04.2019

Принята к публикации: 27.06.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Fodder value of Sudan grass depending on the harvesting time

© 2019. Andrey V. Alabushev, Natalia A. Kovtunova✉, Vladimir V. Kovtunov,
Galina M. Ermolina

State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy», Zernograd,
Rostov region, Russian Federation

Among scientists there has been no agreement on which vegetation phase is the most suitable for harvesting of green mass of Sudan grass to provide the largest yield of highly qualitative forage. It has largely depended on the characteristics of the region, varietal composition and, therefore, these studies have been of great value and relevance. The purpose of the study is to identify the optimal time for harvesting green mass of Sudan grass to ensure maximum fodder value. The studies were conducted in 2015-2018 in the conditions of the Rostov region. The Sudan grass variety 'Aleksandrina' was used as an object of the study. The analysis of plant height changes through the vegetative phases has shown that there was the largest increase in plant height per day during the period 'the 30-th day – booting stage' (7.18 cm) and 'booting stage – heading stage' (5.83 cm). Plant growth after flowering stopped and the increase of the yield of green mass was only due to lateral stems. The structural analysis has shown that the largest part of the green mass of Sudan grass was represented by the stem (58-61%). The proportion of leaves, considered to be the most nutritious parts of plants, decreased from 35% ('the booting stage') to 20% ('milky ripening of grain') as the plants were growing. The productivity of green mass of Sudan grass was largely determined by the first hay cutting (59-63% of the total). The green mass of the second hay cutting corresponded to the amount of

digestible protein per one fodder unit (113.7-128.9 g) and produced maximum yield when harvesting in the 'heading stage'. Though the green mass productivity increased in the period from 'booting stage' to 'flowering', the content of raw protein reduced from 10.45 to 7.96%. This resulted in a decrease of digestible protein percentage per one fodder unit. Thus, the data on yield and quality of green mass of Sudan grass 'Aleksandrina' have shown that the harvesting could be already started in the 'booting stage', however, the highest nutritional value has been identified in the early 'heading stage'.

Key words: Sudan grass 'Aleksandrina', productivity, green mass, digestible protein, growth dynamic, hay cutting, vegetation phase

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy» (№ 0706-2019-0001).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Alabushev A. V., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Ermolina G. M. Fodder value of Sudan grass depending on the harvesting time. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 343-350. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766.2072-9081.2019.20.4.343-350>

Received: 29.04.2019

Accepted for publication: 27.06.2019

Published online: 30.08.2019

Суданская трава – важная кормовая культура, одной из особенностей которой является быстрое отрастание после скашивания, что позволяет ее использовать в зеленом конвейере. При посеве после рано убираемых культур она дает 2-3 полноценных укоса зеленой массы. Сено из суданской травы стоит на первом месте по содержанию белка среди злаковых культур и уступает только бобовым. Суданская трава отличается от других яровых культур исключительной засухо- и жароустойчивостью, а также нетребовательностью к почвам. Несмотря на высокую засухоустойчивость культуры, она очень отзывчива на дополнительную влагу и интенсивно накапливает надземную массу [1, 2].

Биологическая продуктивность является сложным параметром, который зависит от множества природных и агротехнологических факторов. По данным Н.И. Кашеварова, ранний укос суданской травы (до появления метелок) обеспечивает высокую питательность корма и интенсивность отрастания отавы, которая готова к использованию на корню уже через 35-50 дней. Максимальный сбор кормовых единиц – в фазе полного выметывания-начало цветения, но к этому периоду снижается обеспеченность кормовой единицы протеином [3]. В.А. Горшенин к скашиванию зеленой массы суданской травы рекомендует приступать до выметывания, так как чем раньше скошена зеленая масса, тем больше листьев сохраняется [4]. В исследованиях Г.И. Левашина питательность сухого вещества сена из суданской травы выше при уборке в фазе трубкования [5]. По данным Ю.В. Таранич, у сорта Александрина в условиях Сахалина к фазе «цветение» снижается содержание сухого вещества на 2% по сравнению с фазой «выметывание», снижается сбор переваримого протеина, увеличивается содержание клетчатки и золы [6]. Уборка в более поздние сроки неце-

лесообразна. Так, в исследованиях Н.И. Кашеварова урожайность зеленой массы в фазе «цветение» составила 137 ц/га, сбор сухого вещества – 41 ц/га, что значительно выше, чем при уборке в фазу молочной спелости – 111 и 38 ц/га [7]. При перестое растений в них увеличивается содержание клетчатки (с 4,26% в фазе «начало выхода в трубку» до 9,27% – «конец цветения»), уменьшается количество протеина (с 4,11 до 2,99%), снижается облиственность (с 64,7 до 35,1% соответственно) [8, 9]. В исследованиях Т.Ф. Персиковой и др. максимальное накопление сухого вещества – в фазе «выход в трубку» [10].

Таким образом, нет единого мнения о том, в какую фазу вегетации уборка зеленой массы суданской травы наиболее оптимальна и обеспечивает наибольший выход высококачественного корма. Это зависит от особенностей региона, сортового состава и, в связи с этим, данные исследования являются актуальными и востребованными.

Цель исследований – выявить оптимальные сроки уборки суданской травы на зеленую массу в условиях Ростовской области, обеспечивающие максимальную кормовую ценность. Для достижения этой цели были выполнены следующие задачи: проведен обзор литературы по данному вопросу, выделены основные фазы вегетации и динамика роста растений, изучена структура вегетативной части, проанализирована урожайность зеленой массы, сбор абсолютно-сухого вещества, переваримого протеина и кормовых единиц в зависимости от уборки в различные фазы вегетации.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном участке АНЦ «Донской», который находится в г. Зернограде Ростовской области. Почва в данном районе – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в почве 3,2-3,4%, P₂O₅ – 18-25 мг/кг, K₂O – 320-360 мг/кг.

В 2015-2017 гг. изучали динамику роста и развития растений по фазам вегетации; 2017-2018 гг. – сроки уборки суданской травы (за вегетацию проводили два укоса зеленой массы в фазы выход в трубку, выметывание и цветение).

Предшественником являлась озимая пшеница. В качестве объекта исследований использовали сорт суданской травы селекции АНЦ «Донской» Александрина. Сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2007 года, среднеспелый, высокорослый, хорошо облиственный (30-35%), сухо- и тонкостебельный, кустистый, обладает повышенной интенсивностью начального роста и послеуборочного отрастания, устойчив к поражению тлей, слабо поражается бактериозом.

Подготовка почвы и уход за посевами осуществляли согласно рекомендациям¹. Посев проводили в оптимальные сроки (I-II декады мая) рядовым способом с нормой высева 1,6 млн всхожих зерен на гектар. После уборки проводили структурный анализ зеленой массы с разделением ее на стебель, листья и метелку. Качественные показатели (содержание сухого вещества, протеина, золы, клетчатки, жира) зеленой массы определяли в лаборатории биохимической оценки АНЦ «Донской» по общепринятым методикам². Статистическую обработку методом дисперсионного анализа данных проводили согласно методике Б. А. Доспехова³ в программе Statistica 10.0.

Метеорологические данные за 2015-2018 гг. предоставлены Зеленоградской метеостанцией.

В таблице 1 приведены условия в основные периоды вегетации – от всходов до выметывания, и от первого до второго укосов по годам. Так, 2018 год был самым засушливым. Сумма температур за первый период вегетации составила 1372°C при среднесуточной температуре воздуха 23,7°C, что выше предыдущих лет на 1,4-4,1°C, а сумма осадков за период была ниже изученных годов на 35-84 мм. Это сильно отразилось на урожайности зеленой массы, которая в 2018 году была очень низкой. Второй период вегетации в 2018 году также был засушливым (осадков практически не было) и очень жарким – среднесуточная температура воздуха составила 25,1°C. У суданской травы при увеличении средней температуры за вегетационный период ускоряется развитие растений, сокращается период от посева до созревания, а, следовательно, снижается общая сумма температур, необходимая данному сорту для прохождения всего цикла развития. В связи со сложившимися условиями в 2018 году сократилась продолжительность периодов «всходы-выметывание» и «1-2 укос».

Результаты и их обсуждение. Рост и развитие растений – важные жизненные процессы, лежащие в основе формирования урожая. Суданская трава характеризуется медленным ростом в начале вегетации, так как в это время идет интенсивный рост корневой системы [11]. Только к фазе «выход в трубку» у нее прекращается развитие корневой системы и начинается усиленный рост вегетативной массы.

Таблица 1 – Метеорологические условия 2015-2018 гг. / Table 1 – Weather conditions 2015-2018

Показатель / Indicator	Период / Period							
	«всходы-выметывание (1 укос)» / «sprouts – head formation (1st cutting)»				«1-2 укос» / «1st-2nd cutting»			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Сумма температур за период, °C / Total temperature during the period, °C	1184	1133	1195	1372	1170	1333	1485	1053
Средняя температура за период, °C / Average temperature during the period, °C	22,3	21,8	19,6	23,7	23,4	26,1	24,8	25,1
Сумма осадков за период, мм / Total precipitations during the period, mm	142	95	144	60	21	47	108	17
Продолжительность периода, дни / Length of the period, days	55	54	61	52	50	51	60	42

¹Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Горпиниченко С. И., Ермолина Г. М., Метлина Г. А., Романюкин А. Е., Васильченко С. А., Шишова Е. А., Лушпина О. А., Сухенко Н. Н., Алабушев А. В. Рекомендации по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и травянистого. Саратов: ООО «Амирит», 2018. 28 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36360763>.

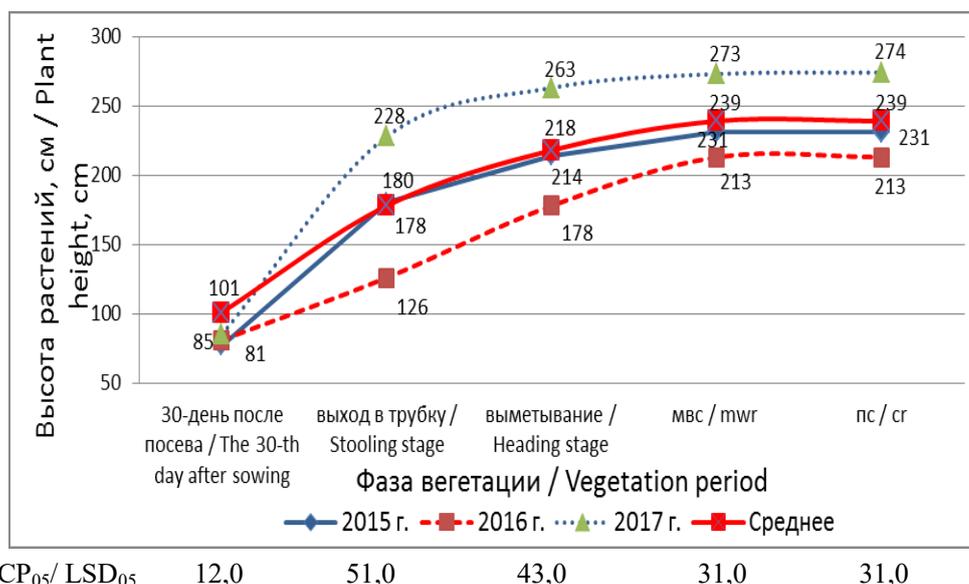
²Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимического исследования растений. Под ред. А. И.Ермакова. 3-е изд., перер. и доп. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1987. 430 с.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.

В периоде «всходы-выметывание» выделяют следующие этапы органогенеза: кущение, выход в трубку, рост стебля, выметывание. Суданская трава начинает быстро накапливать зеленую массу с периода «выход в трубку», это позволяет сформировать до периода «полного выметывания» более половины всей массы урожая [12]. Урожайность зеленой массы суданской травы определяется, главным образом, площадью листьев, их количеством и высотой растений – удобный объект для наблюдения за динамикой роста растений по фазам вегетации.

Анализ изменения высоты растений по фазам вегетации показал, что наибольший

прирост растений наблюдался в период «30-день – выход в трубку» [13]. В 2015 г. он составил 103,1 см, или 133,9%, 2016 г. – 93,2 см, или 110,6%, в 2017 г. – 127,1 см, или 125,8%. В период «выход в трубку – выметывание» также наблюдался усиленный рост надземной массы (34,2-51,9 см, или 18,9-41,3%). Позже рост растений значительно снизился и составлял 10,9-17,0 см, или 4,1-7,9%, исключение составил 2017 г., когда растения продолжали интенсивный рост до 1-2 августа (прирост составил 35,0 см, или 19,7%). После молочно-восковой спелости высота растений не изменялась (рис. 1).



HCP₀₅ по годам 60-73 см / LSD₀₅ over years 60-73 cm

Примечания: мvc – молочно-восковая спелость; pc – полная спелость / mwr – Milky-wax ripeness; cr – Complete ripeness

Рис. 1. Динамика роста растений суданской травы Александрина (2015-2017 гг.) /

Fig. Dynamic of the Sudan grass 'Aleksandrina' growth (2015-2017)

В среднем за 2015-2017 гг. прирост высоты растений суданской травы в сутки в период «всходы-30-день после посева» составил 2,92 см, в период «30-день – выход в трубку» – 7,18 см, «выход в трубку-выметывание» – 5,83 см, «выметывание-молочно-восковая спелость» – 0,70 см, в период «молочно-восковая-полная спелость» – 0 см. Это позволяет сделать вывод, что рост растений суданской травы после фазы цветения прекращается, и увеличение урожайности зеленой массы может быть только за счет боковых стеблей.

Наряду с темпами формирования урожайности, сроки скашивания оказывают существенное влияние на качество урожая, который определяется долей листьев как наиболее питательной части урожая, содержанием про-

теина и других питательных веществ.

Проведенный структурный анализ показал, что наибольшая часть зеленой массы суданской травы представлена стеблем (58-61%), наименее ценной в кормовом отношении частью растений. А доля листьев, которые считаются наиболее питательной частью, по мере развития растений снижается с 35% («выход в трубку») до 20% («молочная спелость зерна») (табл. 2). Поэтому к уборке суданской травы на зеленую массу и сено рекомендуют приступать, начиная от фазы выхода в трубку и заканчивая фазой цветения. Для определения наиболее оптимального срока уборки в условиях Ростовской области проведена уборка зеленой массы именно в эти фазы вегетации (табл. 3).

Таблица 2 – Соотношение вегетативных частей зеленой массы суданской травы Александрина в зависимости от фазы вегетации (2015-2018 гг.) /

Table 2 – Correlation between vegetative parts of the Sudan grass ‘Aleksandrina’ due to vegetation period (2015-2018)

Фаза вегетации / Vegetation period	Доля, % / Percentage, %			НСР ₀₅ / LSD ₀₅
	стебель / stem	листья / leaves (foliage)	метелка / panicle	
Выход в трубку / Stooling stage	61	35	4	28,5
Выметывание / Heading stage	60	27	13	24,1
Цветение / Flowering	58	25	17	21,7
Молочная спелость / Milky ripeness	59	20	21	22,2
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	1,3	6,2	7,3	-

Таблица 3 – Хозяйственно ценные показатели зеленой массы суданской травы Александрина в зависимости от срока и фазы уборки (2017-2018 гг.) /

Table 3 – Economic-valuable traits of green mass of the Sudan grass ‘Aleksandrina’ in dependence on harvesting time and period (2017-2018)

Показатель / Indicator	Укос (фактор А) / Hay-cutting (factor A)	Фаза уборки (фактор В) / Harvesting period (factor B)		
		выход в трубку / stooling stage	начало выметыва- ния / beginning of the heading stage	цветение / flowering
Содержание сухого вещества, % / Dry matter percentage, %	1 укос/ The 1st cutting	21,50	22,29	22,36
	2 укос/ The 2nd cutting	21,00	21,80	22,00
	Среднее / Average	21,25	22,05	22,18
Содержание сырого протеина, % / Raw protein percentage, %	1 укос/ The 1st cutting	12,00	11,03	9,10
	2 укос/ The 2nd cutting	8,89	8,44	6,81
	Среднее/ Average	10,45	9,74	7,96
Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass productivity, t/ha НСР ₀₅ (А) = 4,4 / LSD ₀₅ (А) = 4.4 НСР ₀₅ (В) = 2,5 / LSD ₀₅ (В) = 2.5	1 укос/ The 1st cutting	17	20	22
	2 укос/ The 2nd cutting	10	14	15
	Сумма / Total	27	34	37
Сбор сухого вещества, т/га / Dry matter productivity, t/ha НСР ₀₅ (А) = 1,1 / LSD ₀₅ (А) = 1.1 НСР ₀₅ (В) = 0,6 / LSD ₀₅ (В) = 0.6	1 укос / The 1st cutting	3,66	4,46	4,92
	2 укос / The 2nd cutting	2,10	3,05	3,30
	Сумма / Total	5,76	7,51	8,22
Сбор переваримого протеина, т/га / Yield of digestible protein, t/ha НСР ₀₅ (А) = 0,10 / LSD ₀₅ (А) = 0.10 НСР ₀₅ (В) = 0,02 / LSD ₀₅ (В) = 0.02	1 укос/ The 1st cutting	0,29	0,32	0,30
	2 укос/ The 2nd cutting	0,12	0,17	0,15
	Сумма / Total	0,41	0,49	0,44
Сбор кормовых единиц, т/га / Yield of forage units, t/ha НСР ₀₅ (А) = 0,10 / LSD ₀₅ (А) = 0.10 НСР ₀₅ (В) = 0,05 / LSD ₀₅ (В) = 0.05	1 укос / The 1st cutting	0,38	0,45	0,48
	2 укос / The 2nd cutting	0,22	0,32	0,34
	Сумма / Total	0,60	0,77	0,82
Обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином, г / Amount of digestible protein per forage unit, g НСР ₀₅ (А) = 14,2 / LSD ₀₅ (А) = 14.2 НСР ₀₅ (В) = 4,1 / LSD ₀₅ (В) = 4.1	1 укос / The 1st cutting	96,20	98,6	92,7
	2 укос / The 2nd cutting	119,50	128,9	113,7
	Среднее / Average	107,9	113,8	103,2

Анализ данных таблицы 3 показал, что урожайность зеленой массы суданской травы определяется, главным образом, первым укосом. Его доля составила 59-63% от общей суммы. В связи с этим, и все показатели, связанные с урожайностью – сбор сухого вещества, переваримого протеина и кормовых единиц – более высокие в первом укосе.

Вопросу производства белкового корма следует уделять особое внимание. Одним из главных показателей качества корма является обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином. Дефицит 1 г приводит к перерасходу кормов на 2%, а себестоимость кормов возрастает в 1,5 раза, расход кормов – в 1,3-1,4 раза в сравнении с рационом, сбалансированным по протеину [3]. В наших исследованиях обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином значительно ниже в первом укосе, чем во втором, на 21,0-30,3 г, или 22,6-30,7%. Зеленая масса второго укоса соответствовала норме переваримого протеина в 1 кормовой единице 105-110 г (113,7-128,9 г).

Питательная ценность зеленой массы суданской, травы главным, образом зависит

от срока уборки. Несмотря на то, что от фазы «выход в трубку» до фазы «цветение» происходит увеличение урожайности зеленой массы и содержания сухого вещества на 10 т/га и 0,93% соответственно, содержание сырого протеина снижается с 10,45 до 7,96% в среднем по двум укосам. Это влечет за собой снижение обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым протеином на 4,7 г.

Практически не отмечено существенной разницы между уборкой зеленой массы суданской травы в фазы «выметывание» и «цветение» по урожайности зеленой массы (34 и 37 т/га соответственно), сбору сухого вещества (7,51 и 8,22 т/га). Однако сбор переваримого протеина, кормовых единиц и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином был выше при уборке в фазе «выметывание».

Заключение. Таким образом, данные урожайности и качества зеленой массы суданской травы Александрина показали, что к ее уборке можно приступать уже в фазе «выход в трубку», однако, наибольшая питательная ценность отмечена в фазе «начало выметывания».

Список литературы

1. Омариев Ш. Ш., Мусаев М. Р. Экологически безопасный режим орошения зернового сорго на засоленных землях западного Прикаспия. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007;(1):19-21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10367458>
2. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Шишова Е. А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зеленой массы суданской травы. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016;(3):39-40. Режим доступа: <http://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/258>
3. Кашеваров Н. И., Сапрыкин В. С. Итоги и перспективы освоения культуры суданской травы в Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007; (1):25-33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9477979>
4. Горшенин В. А., Башинская О. С., Сугробов А. Ф., Горшенин Д. В., Антонов В. Н., Алексеев В. В. Кормовые культуры в системе зеленого конвейера. Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н. И. Вавилова. 2006;(5):7-9. Режим доступа: <http://agrojr.ru/index.php/asj/issue/view/85>
5. Левахин Г. И., Айрих В. А., Дускаев Г. К. Главное внимание – созданию устойчивой кормовой базы. Молочное и мясное скотоводство. 2005;(6):27-29.
6. Таранич Ю. В., Чувилина В. А. Агроэкологическое сортоиспытание суданской травы в условиях юга Сахалина. Кормопроизводство. 2015;(8):28-29. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/files/arhiv/8.15.pdf>
7. Кашеваров Н. И., Полищук Л. Л., Кашеварова Н. Н. Оптимизация приемов агротехники суданской травы с мальвой кормовой в лесостепи Западной Сибири. Достижения науки и техники АПК. 2013;(6):58-60. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19403662>
8. Ковтунова Н. А. Биологические особенности роста и развития суданской травы. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(6):48-51. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-rosta-i-razvitiya-sudanskoj-travy>
9. Коконов С. И., Никитин А. А. Кормовая продуктивность агроценозов суданской травы с зерновыми бобовыми культурами в зависимости от сроков уборки. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(4):72-74. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kormovaya-produktivnost-agrotsenozov-sudanskoj-travy-s-zernovymi-bobovymi-kulturami-v-zavisimosti-ot-srokov-uborki>
10. Персикова Т. Ф., Копылов В. Л., Блохина Е. А. Влияние сроков посева гибридов сорго зернового и сахарного на продолжительность межфазных периодов в условиях северо-востока Беларуси. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2015;(2):104-108. Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-srokov-poseva-gibridov-sorgo-zernovogo-i-saharnogo-na-prodolzhitelnost-mezhfaznyh-periodov-v-usloviyah-severo-vostoka-belarusi>

11. Балтук И. В., Ващенко Т. Г. Особенности роста и развития суданской травы и сои в одновидовых и бинарных посевах. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014;(3(42)):23-30. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021761>

12. Ковтунова Н. А., Шишова Е. А., Романюкин А. Е., Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н. Урожайность образцов суданской травы различного эколого-географического происхождения. Зерновое хозяйство России. 2018;(1 (55)):56-61. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-55-1-56-61>

13. Ковтунова Н. А., Алабушев А. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Динамика роста и развития растений суданской травы. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018;4(4):35-43. Режим доступа: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1740>

References

1. Omariev Sh. Sh., Musaev M. R. *Ekologicheski bezopasnyy rezhim orosheniya zernovogo sorgo na zasolennykh zemlyakh zapadnogo Prikaspiya*. [Ecologically safe technology of grain sorghum irrigation on the saline lands of the western Pre-Caspian Area]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2007;(1):19-21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10367458>

2. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Shishova E. A. *Vliyanie meteorologicheskikh usloviy na urozhaynost' i kachestvo zelenoy massy sudanskoy travy*. [Influence of meteorological conditions on the yield and quality of green mass of Sudan grass]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2016;(3):39-40. (In Russ.). URL: <http://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/258>

3. Kashevarov N. I., Saprykin V. S. *Itogi i perspektivy osvoeniya kul'tury sudanskoy travy v Sibiri*. [Results and prospects for cultivation of Sudan grass in Siberia]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2007; (1):25-33. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9477979>

4. Gorshenin V. A., Bashinskaya O. S., Sugrobov A. F., Gorshenin D. V., Antonov V. N., Alekseev V. V. *Kormovye kul'tury v sisteme zelenogo konveyera*. [Fodder crops in the green conveyor system]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta imeni N.I. Vavilova* = The Bulletin of Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov. 2006;(5):7-9. (In Russ.). URL: <http://agrojr.ru/index.php/asj/issue/view/85>

5. Levakhin G. I., Ayrikh V. A., Duskaev G. K. *Glavnoe vnimanie - sozdaniyu ustoychivoy kormovoy bazy*. [The main focus is on the developing a sustainable feed basis]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2005;(6):27-29. (In Russ.).

6. Taranich Yu. V., Chuvilina V. A. *Agroekologicheskoe sortoispytanie sudanskoy travy v usloviyakh yuga Sakhalina*. [Agroecological Variety Testing of Sudan grass in the south of Sakhalin]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2015;(8):28-29. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/files/arhiv/8.15.pdf>

7. Kashevarov N. I., Polishchuk L. L., Kashevarova N. N. *Optimizatsiya priemov agrotekhniki sudanskoy travy s mal'voy kormovoy v lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [Optimization of agrotechnical methods of Sudan grass cultivation in combination with wild mallow in the forest-steppe of Western Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2013;(6):58-60. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19403662>

8. Kovtunova N. A. *Biologicheskie osobennosti rosta i razvitiya su-danskoy travy*. [Biological features of growth and development of Sudan grass]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2016;30(6):48-51. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-rosta-i-razvitiya-sudanskoy-travy>

9. Kokonov S. I., Nikitin A. A. *Kormovaya produktivnost' agrotsenozov sudanskoy travy s zernovymi bobovymi kul'turami v zavisimosti ot srokov uborki*. [Feed productivity of Sudan grass agrocenoses with grain legumes, depending on the harvesting time]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2017;31(4):72-74. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kormovaya-produktivnost-agrotsenozov-sudanskoy-travy-s-zernovymi-bobovymi-kulturami-v-zavisimosti-ot-srokov-uborki>

10. Persikova T. F., Kopylovich V. L., Blokhina E. A. *Vliyanie srokov poseva gibridov sorgo zernovogo i sahnarnogo na prodolzhitel'nost' mezhfaznykh periodov v usloviyakh severo-vostoka Belarusi*. [Influence of the sowing time of grain and sweet sorghum hybrids on the duration of the interphase periods in the north-eastern Belarus]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2015;(2):104-108. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-srokov-poseva-gibridov-sorgo-zernovogo-i-saharnogo-na-prodolzhitelnost-mezhfaznyh-periodov-v-usloviyah-severo-vostoka-belarusi>

11. Baltuk I. V., Vashchenko T. G. *Osobennosti rosta i razvitiya sudan-skoj travy i soi v odnovidovykh i binarnykh posevakh*. [Features of growth and development of Sudan grass and soybean in single-crop and binary sowings]. *Vestnik Voronezh-skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Voronezh state agrarian university. 2014;(3(42)):23-30. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021761>

12. Kovtunova N. A., Shishova E. A., Romanyukin A. E., Kovtunov V. V., Sukhenko N. N. *Urozhaynost' obratstov sudanskoj travy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya*. [The productivity of Sudan grass samples of various geographical origin]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2018;(1(55)):56-61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-55-1-56-61>

13. Kovtunova N. A., Alabushev A. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A. *Dinamika rosta i razvitiya rasteniy sudanskoj travy*. [Dynamics of growth and development of Sudan grass]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University Chapter "Agriculture. Economics"*. 2018;4(4):35-43. (In Russ.). URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1740>

Сведения об авторах:

Алабушев Андрей Васильевич, академик РАН, директор ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8675-1021>,

✉ **Ковтунова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0409-5855>, e-mail: n-beseda@mail.ru,

Ковтунов Владимир Викторович, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7510-7705>,

Ермолина Галина Михайловна, кандидат с.-х. наук, агроном, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0168-2966>

Information about authors:

Andrey V. Alabushev, academician of RAS, director, State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy», , Nauchny Gorodok, 3 Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8675-1021>,

✉ **Natalia A. Kovtunova**, PhD in Agriculture, researcher, the Laboratory of Forage Sorghum Breeding and Seed-Growing, State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0409-5855>,

Vladimir V. Kovtunov, PhD in Agriculture, researcher, the Laboratory of Grain Sorghum Breeding and Seed-Growing, State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7510-7705>,

Galina M. Ermolina, PhD in Agriculture, an agronomist, researcher, the Laboratory of Forage Sorghum Breeding and Seed-Growing, State Scientific Establishment «Agricultural research center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0168-2966>

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.351-367>

УДК 631.57+631.6

Применение геостатистических методов при разработке ландшафтно-адаптивного землепользования

© 2019. Д. А. Иванов ✉

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», п. Эммаусс, Тверская область, Российская Федерация

В статье описаны способы использования статистических методов в сельскохозяйственной географии. Показано применение дисперсионного анализа при определении влияния геокомплексов различного ранга на урожайность растений и другие параметры хозяйств. Вариабельности урожайности, кислотность почв, доля пастбищ и залежей менее чем на 30% определяются особенностями природной среды геосистем, а изменчивость содержания элементов питания растений, каменистости и заболоченности почв, а также доля сенокосов на 30-50%. Другие элементы структурной организации предприятий более чем на половину определяются особенностями территории разного уровня. Процесс определения набора культур должен опираться на знания о вариабельности их урожайности в пределах типов и видов агроландшафтов, а по возможности и на более низких таксономических уровнях. Степень освоенности агроландшафтов и средний размер контура угодий определяется уже при анализе условий макросреды. Применение путевого анализа позволяет выделить факторы прямого воздействия на культуры, которые разделяются на «активные» и «потенциальные». Все типы агроландшафтов Верхневолжья по числу активных и потенциальных факторов можно разделить на две группы – геокомплексы с гомогенной литогенной основой и ландшафты на двучленах. Последние отличаются большим количеством активных факторов и более широким диапазоном подвергающихся их воздействию культур. Проектирование севооборотов должно учитывать индивидуальный набор факторов, воздействующих на продукционный процесс. Методика оценки продуктивности агроландшафтов может быть основана на использовании ее интегральных показателей. Определены системы мероприятий, повышающих степень реализации потенциальной продуктивности агроландшафтов для злакобобовых травостоев. Они объединяются в три группы: 1. Адаптивное размещение травостоев в зависимости от гранулометрического состава и геологического строения почв. 2. Адаптивное размещение травостоев и осушительно-оросительные мелиорации. 3. Адаптивное размещение травостоев, водные мелиорации и землеустроительные мероприятия. Выявлены ареалы распространения этих групп мероприятий в пределах Верхневолжья.

Ключевые слова: адаптивно-ландшафтные системы земледелия, статистический анализ, агрогеосистемы, агротехнологические мероприятия

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ВНИИМЗ (тема № 0651-2019-0005).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Иванов Д. А. Применение геостатистических методов при разработке ландшафтно-адаптивного землепользования. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):351-367. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.351-367>

Поступила: 20.06.2019

Принята к публикации: 22.07.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Application of geostatistical methods in the development of landscape-adaptive land use

© 2019. Dmitri A. Ivanov ✉

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Settlement Emmaus, Tver Region, Russian Federation

The article describes the ways of using statistical methods in agricultural geography. The use of analysis of variance in determining the influence of geocomplexes of various ranks on the yield of plants and other parameters of farms is shown. It was found that yield variability, soil acidity, the proportion of pastures and fallow lands are less than 30% determined by the characteristics of the natural environment of geosystems and the variability of plant nutrients, stony and marshy soil, and the share of haymaking by 30-50%. Other elements of the structural organization of enterprises are more than half determined by the peculiarities of the territories of different levels. The process of determining a set of crops should be based on knowledge of the variability of their yields within the types of agricultural landscapes, and, if possible, at lower taxonomic levels. The degree of development of agricultural landscapes and the average size of the contour of the land is determined even when analyzing the conditions of the macroenvironment. The use of track analysis allows to identify the factors of direct impact on the crops which are divided into "active" and "potential". It has been established that all types of agricultural landscapes of the Upper Volga region can be divided into two groups according to the number of active and potential factors: geocomplexes with a homogeneous lithogenic basis and landscapes on two-membered sediments. The latter are distinguished by a large number of active factors and a wide range of affected

crops. The design of crop rotations should take into account an individual set of factors affecting the production process. The methodology for assessing the productivity of agricultural landscapes can be based on the use of its integral indicators. The systems of measures that increase the degree of realization of the potential productivity of agricultural landscapes for cereal grass stands have been determined. They are combined into three groups: 1. Adaptive placement of grass stands depending on the granulometric composition and the geological structure of the soil. 2. Adaptive placement of grass stands and drainage irrigation amelioration. 3. Adaptive placement of grass stands, water melioration and land management activities. Identified areas of distribution of these groups of activities in the Upper Volga region.

Key words: *adaptive-landscape farming systems, statistical analysis, agricultural geosystems, agrotechnological measures*

Acknowledgement: the work was performed in the framework of the State assignment of the FGBNU VNIIMZ (Topic № 0651-2019-0005).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Ivanov D. A. Application of geostatistical methods in the development of landscape-adaptive land use. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 351-367. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766.2072-9081.2019.20.4.351-367>

Received: 20.06.2019

Accepted for publication: 22.07.2019

Published online: 30.08.2019

Синтез агрономии и физической географии чреват появлением нового научного направления, называемого нами «сельскохозяйственной географией» – науки о возникновении, функционировании и развитии агрогеосистем [1]. Под агрогеосистемами понимаются геокомплексы, некоторые компоненты которых изменены в результате сельскохозяйственной деятельности человека.

Агрогеографические идеи высказываются некоторыми физико-географами [2, 3, 4, 5, 6] и учеными-аграриями [7, 8, 9, 10, 11]. Для сельскохозяйственной географии большое значение имеют исследования воздействия ландшафтной среды на продуктивность культурных растений и особенности их выращивания. На основе полученных знаний можно проектировать новейшие ландшафтно-мелиоративные системы земледелия, позволяющие определять экологические адреса для агротехнических мероприятий и, тем самым, адаптировать растениеводство к условиям природной среды. Особое место занимают исследования влияния ландшафтов различных иерархических уровней на продукционный процесс растений и природно-производственные параметры хозяйств. Они позволяют создавать модели систем земледелия разного уровня и, тем самым, наиболее полно учитывать ландшафтные условия территорий при проектировании землепользований. Новизна работы заключается в обосновании соблюдения принципа иерархической парадигмы [1] при агрогеографических изысканиях фундаментального и прикладного характера.

Цель исследований – демонстрация результатов разнообразных геостатистических анализов пространственной изменчивости по-

казателей урожайности культур и особенностей природно-производственной среды хозяйств в различных ландшафтах на территории Тверской области.

Материал и методы. Так как проведение полевого эксперимента на уровне высших единиц типизации агрогеосистем практически невозможно, то изучение адаптивных реакций компонентов в их пределах проводится только на основе статистического анализа обширного фондового материала, содержащего не только данные о продуктивности основных групп сельскохозяйственных растений, но и характеризующего состояние природной среды анализируемых хозяйств.

Массив (банк) данных для изучения адаптивных реакций растений на высших уровнях типизации агрогеосистем создается путем сбора фондовой, статистической, картографической и литературной информации. В качестве примера приведем результаты наших исследований по Тверской области.

Различными методами статистического анализа нами были обработаны данные по 274 землепользованиям Тверской области, равномерно расположенным на ее территории. Каждое хозяйство характеризовалось по 31 параметру. Весь массив данных разделен на 5 блоков, каждый из которых соответствует одному из компонентов агроландшафта:

А. Гидроклиматический блок:

1. Среднегодовое количество осадков, мм. 2. Среднемесячное количество осадков, мм. 3. Среднемесячное количество осадков, мм. 4. Континентальность климата. 5. ГТК. 6. Теплообеспеченность почв (У). 7. Запас в пахотных горизонтах продуктивной влаги, мм. 8. Сроки поспевания почвы, баллы. 9. Площадь заболоченных угодий, %. 10. Площадь заболоченных пашен, %;

Б. Оролитогенный блок:

11. Абсолютная высота хозяйства, м. 12. Максимальный перепад высот в пределах хозяйства, м. 13. Содержание физической глины в пахотных горизонтах, %.

В. Блок плодородия почв:

14. Почвенный бонитет, баллы. 15. Закамененность угодий, %. 16. Содержание K_2O в пахотных горизонтах, мг/100 г. 17. Содержание P_2O_5 в пахотных горизонтах, мг/100 г. 18. Показатель $pH_{КС1}$ в пахотных горизонтах.

Г. Блок биопродуктивности:

19. Среднегодовое зернопродуктивность зерновых культур, ц/га. 20. "-"- соломки льна, ц/га. 21. "-"- картофеля, ц/га. 22. "-"- однолетних трав, ц/га. 23. "-"- многолетних трав, ц/га.

Д. Блок организации угодий хозяйства.

24. Средний размер контура угодья, га. 25. Доля пашни в территории хозяйства, %. 26. Доля залежей, %. 27. Доля сенокосов, %. 28. Доля пастбищ, %. 29. Доля не сельскохозяйственных территорий, %. 30. Суммарная доля лугов, %. 31. Соотношение луг/пашня.

Данные из литературных и статистических источников черпаются непосредственно по выделенным хозяйствам, в то время как работа с картографическим материалом проводится иначе. Начальным этапом картографических работ является создание схемы расположения отобранных хозяйств в пределах изучаемой территории. Создается электронный вариант этой схемы, который совмещается с картами, несущими интересующую исследователя информацию. В ряде случаев информация с карт снимается непосредственно, однако при определении агроклиматических и некоторых других параметров приходится прибегать к процедуре интерполяции – например, среднегодовое температура летних месяцев в хозяйстве, расположенном между изотермами, определяется по степени близости его к той или иной изолинии.

Характеристика района всегда избирательна. В данном случае отбирались факторы, описывающие основные компоненты агрогеосистем – слой приземного воздуха, оролитогенную основу ПТК, культурную биоту, почвы. Антропогенный компонент отражался в виде параметров структурной организации сельскохозяйственного производства.

Суть статистического подхода к изучению адаптивных реакций компонентов агрогеосистем заключается в разделении наблюдаемой изменчивости их параметров на две компоненты: закономерную и случайную составляющие, и в последующем изучении закономерной составляющей на фоне случайной. В агрогеогра-

фии важную роль в изучении закономерной составляющей, помимо общепринятых статистических процедур, играют и геостатистические методы исследования [12, 13, 14]. В работе применяли методы пространственной группировки точек опробования и обработки банков данных трехфакторным дисперсионным и путевым анализами, а также использование интегральных параметров продуктивности агроландшафтов при разработке мероприятий адаптивно-ландшафтного земледелия.

Для полноценной интерпретации результатов статистического анализа и выявления его прикладного значения необходимо проводить качественный анализ (описание) природной среды исследуемых ландшафтов.

Результаты и их обсуждение.

1. Применение дисперсионного анализа в агрогеографической практике.

Наиболее адекватный уровень разработки элементов системы земледелия должен определяться в ходе анализа иерархической структуры факторов природной среды. Он должен показывать уровни, на которых изучаемый фактор проявляется наиболее сильно, а также таксономические ячейки, в которых им можно пренебречь. Наиболее полно иерархическую структуру факторов отражает дисперсионный анализ для неорганизованных планов. Ниже изложены результаты трехфакторного дисперсионного анализа зависимости урожайности культур и некоторых других производственных и природных параметров хозяйств от свойств агроэкологических разделов (А), родов агроландшафтов (В) и типов агроландшафтов (С).

Под агроэкологическим разделом (АР) понимается крупная территория, занимающая ландшафтную провинцию (или ее часть). В Тверской области насчитывается 4 АР (рис. 1). Площадь Валдайского АР хвойно-широколиственных лесов, в пределах области, равна 27,2 тыс. км². Близость к Балтийскому морю обуславливает здесь мягкость зимы, обильные осадки, низкую континентальность климата и высокий гидротермический коэффициент (ГТК). Основной тип рельефа – конечно-моренные гряды, а отложений – донная и конечная морена валдайского (вюрмского) ледника. Большая часть хозяйств здесь расположена на высоте 193 м над уровнем моря, в их пределах наблюдаются значительные перепады высот, закамененность почв, мелкоконтурность угодий, значительная доля смытой пашни. Близкое залегание к поверхности моренных суглинков обусловило значительные запасы калия и фосфора в пахотных горизонтах.

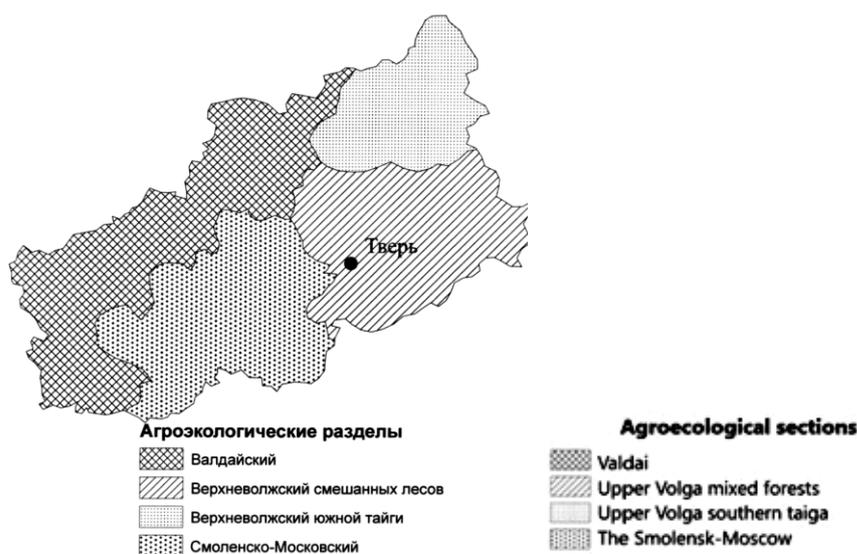


Рис. 1. Агроэкологические разделы Верхневолжья¹ /
 Fig. 1. Agro-environmental sections of the Upper Volga region

Площадь Смоленско-Московского АР хвойно-широколиственных лесов равна 21,7 тыс. км². Характер его климата отличается от вышеописанного более холодной зимой, меньшим количеством осадков и пониженным ГТК. Его оролитогенная основа образовалась в результате застоя ледниковых вод и отличается от вышеописанной территории значительным возрастом и большей однородностью. Преобладающий тип рельефа – увалистые равнины, отложений – пылеватые покровные суглинки. Средняя высота хозяйств равна 224 м над уровнем моря. Здесь характерно эрозионное расчленение территории (средний перепад высот в хозяйстве – 69 м), малая закамененность угодий, значительное распространение смытых почв, относительно большой размер контура угодья. По сравнению с Валдайским АР здесь наблюдается более высокий бонитет почв, вследствие значительных запасов гумуса и содержания физической глины, однако показатель рН пахотного слоя и содержание в нем калия и фосфора заметно ниже.

Верхневолжский АР южной тайги занимает 12,8 тыс. км². Его климат отличается повышенной континентальностью и относительно низкими январскими температурами. Его поверхность значительно древнее Валдайского и Смоленско-Московского АР и характеризуется большой однородностью в литологическом, орографическом и неотектоническом отношениях. Господствующий тип рельефа – слабоувалистые равнины, отложений – покровные и моренные суглинки. Средняя высо-

та хозяйств над уровнем моря составляет 156 м, вариабельность высот около 22%. АР характеризуется малой закамененностью почв, но значительной их эрозией. Почвенный бонитет здесь весьма высок вследствие больших запасов гумуса, фосфора и калия в пахотных горизонтах, что отражается на среднем размере контура угодья.

В Верхневолжском АР хвойно-широколиственных лесов, площадью 23,0 тыс. км², наблюдается максимальная, для Тверской области, континентальность климата. В основном он состоит из плоских моренно-зандровых, зандровых и аллювиально-зандровых равнин, испытывающих интенсивное опускание. Средний высотный уровень расположения хозяйств здесь равен 148,4 м. Максимальный перепад высот составляет менее 48 м. АР характеризуется значительной закамененностью почв, что препятствует созданию больших угодий (средний размер контура равен 6,5 га). Почвенный бонитет весьма высок, что обусловлено значительным содержанием гумуса.

В пределах каждого агроэкологического раздела выделяются роды агроландшафтов, которые не обладают, в отличие от вышеописанных агрогеосистем, монолитными ареалами. Характерные черты их природной среды обусловлены гранулометрическим составом почвообразующих пород. Выделяют «песчаные» и «суглинистые» роды агроландшафтов². Они объединяются во внетаксономические совокупности, называемые группами [15].

¹Атлас Калининской области. М.: ГУТК, 1964. 34 с.

²Ковалев Н. Г., Ходырев А. А., Иванов Д. А., Тюлин В. А. Агроландшафтоведение. Учебное пособие. РАСХН, 2004, Минсельхоз, ТГСХА, ВНИИМЗ, Тверь-Москва, 490 с.

Род агроландшафтов состоит из типов агроландшафтов. Тип агроландшафтов (ТА) – территория совместимая с конкретным типологическим физико-географическим ландшафтом – геосистемой, характеризующейся единым генезисом рельефа и почвообразующих пород и максимальной выраженностью вертикальных и горизонтальных взаимосвязей компонентов географической оболочки. Его выде-

ление в пределах макротерритории осуществляется на основе изучения сочетаний важнейших компонентов ландшафта и, прежде всего, типов водного питания территории, почвообразующих пород, почв, рельефа, растительных ассоциаций. В Тверской области насчитывается одиннадцать внетаксономических групп типов агроландшафтов (ТА) (рис. 2, табл. 1).



Рис. 2. Типы агроландшафтов Тверской области [16] / Fig. 2. Types of agricultural landscapes of the Tver region

Структура изучаемого иерархического комплекса представлена в таблице 2. Для целей дисперсионного анализа были отобраны хозяйства, расположенные в типах агроландшафтов, принадлежащих к четырем внетаксономическим группам. Это объясняется тем, что только моренные равнины Московского (Миндель) и Валдайского (Вюрм) возраста (4), песчано-суглинистые озерно-ледниковые равнины (6), моренно-озерно-ледниковые равнины (7) и моренно-зандровые равнины (8) представлены во всех агроэкологических разделах.

Агрогеосистемы, принадлежащие к одной группе типов агроландшафтов, но расположенные в различных АР, отличаются друг от друга в агроклиматическом и неотектоническом отношении. Типы агроландшафтов, расположенные в пределах одного АР, но относящиеся к различным родам, отличаются друг от друга гранулометрическими особенностями почв. Геокомплексы, входящие в один АР и один род агроландшафтов, отличаются друг от друга степенью распространенности моренных отложений и геоморфологическими параметрами.

Результаты дисперсионного анализа приведены в таблице 3. Ранжирование параметров хозяйств по степени влияния на их

пространственную вариабельность изучаемых факторов позволило разделить их на три группы: 1. Параметры, менее 30% вариабельности которых определяется анализируемыми факторами. 2 – от 30 до 50%. 3 – более 50%.

В первую группу входят такие параметры, как: урожайность культур, кислотность почв, а также доля пастбищ и залежей в хозяйствах. Во вторую – содержание элементов питания растений в почвах, каменистость и заболоченность почв, а также доля сенокосов. Третья группа – другие элементы структурной организации сельскохозяйственных предприятий.

Если учесть, что остатки (значения, отличные от трендовых) в данном случае характеризуют разницу между хозяйствами в пределах конкретного типа агроландшафтов, то следует предположить, что они отражают неоднородность агрогеосистемных параметров на уровне видов агроландшафтов – физико-географических местностей. Можно заявить, что параметры первой группы в основном варьируют на уровне низших мезоединиц, тогда как особенности структурной организации хозяйств более чем на половину зависят от условий макро- и высших мезоединиц.

Таблица 1 – Характеристика природных условий основных типов агроландшафтов Тверской области

Название ТА и номер	Характеристика природных условий
Моренно-эрозионные равнины (1)	Приподнятые дренируемые пологоувалистые, реже волнистые Московского возраста моренно-эрозионные равнины с чехлом покровных лессовидных суглинков. Сильноосвоенные, с остатками еловых, елово-широколиственных лесов на дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почвах.
Крупнохолмистые моренные равнины (2)	Возвышенные, дренируемые, крупнохолмистые, с участками конечно-моренно-грядового рельефа, преимущественно валунно-суглинистые среднеосвоенные моренные равнины Московского возраста с еловыми, елово-сосновыми и елово-мелко-лиственными лесами на дерново-подзолистых, преимущественно-суглинистых почвах.
Холмистые моренные равнины (3)	Приподнятые и возвышенные дренируемые холмистые и холмисто-грядовые с многочисленными озерными котловинами озамы и камами Валдайского возраста моренные равнины с неоднородным чехлом поверхностных отложений, слабоосвоенные с еловыми, елово-сосновыми и елово-мелколиственными лесами на дерново-подзолистых разного гранулометрического состава почвах.
Московские и Валдайские моренные равнины. (4)	Приподнятые, замедленно дренируемые волнистые, с участками холмистого рельефа супесчано-суглинистые моренные равнины Московского и Валдайского возраста, среднеосвоенные с еловыми, елово-широколиственными и мелколиственными лесами на дерново-подзолисто-глеевых преимущественно суглинистых почвах.
Московские и алдайские зандровые равнины (5)	Низменные, реже приподнятые, замедленно дренируемые, пологоволнистые, песчаные равнины Московского и Валдайского возраста, слабо- и среднеосвоенные с сосново-мелколиственными лесами на подзолистых, дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых песчаных почвах.
Озерно-ледниковые равнины (6)	Низменные, реже приподнятые, недренируемые плоские песчаные и песчано-глинистые равнины, преимущественно слабоосвоенные с сосновыми, елово-сосновыми и мелколиственными лесами на дерново-подзолисто-глеевых и торфянисто-подзолисто-глеевых песчаных почвах.
Моренно-озерно-ледниковые равнины (7)	Разновысотные, замедленно дренируемые пологоволнистые, реже плоские песчано-суглинистые (иногда перекрытые маломощным слоем покровных суглинков) моренно-озерно-ледниковые равнины, среднеосвоенные с сосново-еловыми и мелколиственными лесами на дерново-подзолисто-глеевых разного гранулометрического состава почвах.
Моренно-зандровые равнины (8)	Разновысотные, замедленно дренируемые волнистые, с участками холмистого рельефа моренно-зандровые равнины сложенные чередующимися песками и валунными суглинками, среднеосвоенные с сосново-еловыми и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых разного гранулометрического состава почвах
Аллювиальные и зандрово-аллювиальные равнины (9)	Низменные, плоские песчано-суглинистые аллювиальные и пологоволнистые. часто с мелкохолмистым еловым рельефом зандрово-аллювиальные песчано-супесчаные равнины, среднеосвоенные с сосняками в сочетании со злаково-разнотравными лугами на дерново-подзолистых и дерновых разного гранулометрического состава почвах
Болотные массивы (10)	Крупные массивы болот различного типа на торфяниках различной мощности и ботанического состава.
Долины рек (11)	Береговая зона крупных водоемов на заболоченных дерновых разного гранулометрического состава почвах

Table 1 – Characteristics of the natural conditions of the main types of agricultural landscapes in the Tver region

Moraine-erosion plains (1)	Elevated, drained, gentle, wavy, less often wavy Moscow-era moraine-erosional plains with a cover of loess-like loam. Strongly developed, with remnants of spruce, spruce-broad-leaved forests on sod-podzolic silt-loamy soils.
Large hilly moraine plains (2)	Elevated, drained, large-hilly, with areas of finite-moraine-ridge relief, mainly boulder-loamy, moderately developed moraine plains of Moscow age with spruce, spruce-pine and spruce-small-leaved forests on sod-podzolic, mainly-loamy soil.
Hilly moraine plains (3)	Elevated and exalted drained undulating and hilly ridges with numerous lake basins and kames Valdai age moraine plains with heterogeneous surface deposits, poorly developed with fir, spruce, pine and fir-aspen forests on sod-podzolic soils of different particle size distribution.
Moscow and Valdai moraine plains. (4)	Raised, slow-drained, wavy, with areas of hilly relief of sandy-loamy moraine plains of Moscow and Valdai age, moderately developed with spruce, spruce-broad-leaved and small-leaved forests on sod-podzolic-gley soil, mainly loamy.
Moscow and Valdai outwash plains (5)	Low-lying, less elevated, slow-drained, gently undulating sandy plains of Moscow and Valdai age, low and medium mastered with pine and aspen forests on podzolic, sod-podzolic and sod-podzolic-gley sandy soils.
Lake-glacial plains (6)	Lowland, less often raised, un-drained flat sandy and sandy-clayey plains, mostly poorly developed with pine, spruce-pine and small-leaf forests on sod-podzolic-gley and peaty-podzolic-gley sandy soils.
Moraine-glaciolacustrine plains (7)	Uneven, slow-drained gentle wavy, less often flat sandy-loamy (sometimes covered with thin layers of surface loam) moraine-lake-glacial plains, moderately mastered with pine-spruce and small-leaved forests on soil of different granulometry.
Moraine-outwash plains (8)	Different high-altitude, slow-drained, wavy, with areas of hilly relief moraine-sandstone plains composed of alternating sand and boulder loam, moderately mastered with pine-spruce and small-leaved forests on sod-podzolic soil of different granulometry.
Alluvial and outwash-alluvial plains (9)	Low-lying flat sandy-loamy alluvial and gentle wavy, often with a finely undulating eolian relief sandy-loamy plain medium mastered with pine forests in combination with grasses and mixed grass meadows on sod podzolic and Soddy different soil size distribution
Marsh areas (10)	Large arrays of bogs of various types on peatlands of various thickness and botanical composition.
River valleys (11)	The coastal zone of large reservoirs on swampy turf of different soil granulometry

Таблица 2 – Схема трехфакторного дисперсионного анализа влияния особенностей природной среды агрогеосистем различных иерархических уровней на природные и производственные параметры хозяйств / Table 2 – Scheme of three-factor dispersion analysis of the influence of environmental features of agro geosystems of different hierarchical levels on the natural and production parameters of farms

<i>Факторы 1-го порядка (специфика АР) / 1st order factors (agro-ecological section (AS) specifics)</i>	<i>Факторы 2-го порядка (специфика родов агроландшафтов) / Factors of the 2nd order (specificity of genera of agricultural landscapes)</i>	<i>Факторы 3-го порядка (специфика типов агроландшафтов) / Factors of the 3rd order (specificity of types of agricultural landscapes)</i>	<i>Количество повторностей (конкретных хозяйств) / Number of recurrences (specific farms)</i>
Валдайский / Valdai	Пески / Sands	6	12
		7	3
	Суглинки / Loam	8	6
		4	6
Смоленско-Московский / Smolensk-Moscow	Пески / Sands	6	4
		7	7
	Суглинки / Loam	8	4
		4	7
Верхневолжский южной тайги / Upper Volga southern taiga	Пески / Sands	6	11
		7	8
	Суглинки / Loam	8	5
		4	4
Верхневолжский смешанных лесов / Upper Volga mixed forests	Пески / Sands	6	11
		7	6
	Суглинки / Loam	8	6
		4	14

Таблица 3 – Оценка влияния природной среды агрогеосистем различных иерархических уровней на пространственную вариабельность агроэкологических параметров в пределах Тверской области / Table 3 – Assessment of the natural environment influence of agrogeological systems of different hierarchical levels on the spatial variability of agro-ecological parameters within the Tver region

<i>Параметры / Parameters</i>	<i>Вес факторов / Factors weight</i>						
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
Почвенный бонитет / Soil bonitet	-	-	5,9	-	7,0	-	13,1
Каменистость угодий / Stony land	8,2	5,0	-	-	8,3	-	9,6
Размер контура угодья / The size of the contour land	33,6	7,7	-	-	20,4	1,4	-
Содержание калия в почве / Soil potassium	19,0	4,0	4,0	9,9	-	-	-
Содержание фосфора в почве / Phosphorus content in soil	23,0	-	-	6,0	-	2,8	-
pH	6,9	-	-	-	-	-	11,6
Заболоченность угодий / Wetlands	16,5	3,6	3,5	7,5	-	-	-
Заболоченность пашни / Waterlogged arable land	26,4	4,8	2,9	-	-	-	-
Доля пашни в хозяйстве / Share of arable land on the farm	34,8	2,0	4,6	3,7	14,3	-	3,3
Доля сенокосов в хозяйстве / The proportion of hay on the farm	23,1	-	4,2	5,1	5,1	-	-
Доля пастбищ в хозяйстве / The share of pastures on the farm	11,3	-	7,7	-	-	-	-
Доля не с.-х. территорий в хозяйстве / Share of non-agricultural areas on the farm	28,6	2,0	4,1	5,2	11,3	-	-
Урожайность / The productivity:							
зерновых / of grain	13,7	-	-	-	-	-	-
льна / of flax	17,4	-	-	-	-	-	9,7
однолетних трав / of annual grasses	-	-	-	8,2	-	-	-
многолетних трав / of perennial grasses	9,5	-	7,2	-	7,9	-	-

Влияние факторов разных уровней ландшафтной среды на урожайность растений индивидуально для каждой культуры. Так, основная часть вариабельности урожайности картофеля объясняется различиями между видами агроландшафтов. Лишь 10-13% изменчивости урожайности многолетних трав и 11-14% зерновых объясняется действием макрофакторов. У льна этот показатель составляет 17-19%. Совокупность агроклиматически-неотектонических и гранулометрических свойств (АВС) агрогеосистем определяет около 8% вариабельности урожайности однолетних трав. Следовательно, процесс определения набора культур при разработке системы земледелия должен опираться на знания о вариабельности их урожайности, прежде всего в пределах типов и видов агроландшафтов, а по возможности и на более низких таксономических уровнях.

Параметры третьей группы в основном определяются уже на стадии анализа природных условий агроэкологических разделов. Такие показатели, как степень освоенности и распаханности агроландшафтов, средний размер контура угодий в их пределах весьма уверенно можно определить при анализе условий макросреды, однако и в этом случае необходим учет местных особенностей, которые могут внести существенные коррективы в каждом конкретном хозяйстве [17].

2. Результаты применения путевого анализа при разработке систем земледелия.

Весьма перспективным, на наш взгляд, методом определения факторов, влияющих на произрастание конкретной культуры, является анализ путевых коэффициентов. Разработанный S. Wright в 1932 г., он является эффектив-

ным способом определения причин и следствий в системе взаимосвязанных признаков. Суть его заключается в разложении корреляции зависимой переменной с каждой независимой переменной на прямой эффект одного признака и косвенные эффекты других, входящих в массив данных. Путевые коэффициенты могут быть положительными и отрицательными. Они, в отличие от коэффициентов корреляции, по модулю могут быть больше единицы [18].

Путевой анализ позволяет выделить факторы прямого действия, а сопоставление его результатов с данными корреляционного анализа дают возможность классифицировать их, выделяя «активные», действие которых описывается достоверными путевыми и корреляционными коэффициентами, и «потенциальные», прямое влияние которых затушевуется множеством других факторов.

Весьма простой анализ, заключающийся в подсчете количества активных и потенциальных факторов, влияющих на произрастание культур, в пределах каждого изученного типа агроландшафтов показал, что все исследуемые агрогеосистемы Верхневолжья по числу активных факторов можно разделить на две группы – геокомплексы с относительно гомогенной литогенной основой и ландшафты на двучленных отложениях. Последние, к которым принадлежат озерно-ледниковые песчано-глинистые равнины (6), песчано-суглинистые моренно-озерно-ледниковые равнины (7) и моренно-зандровые равнины (8), отличаются большим количеством активных факторов и, как правило, более широким диапазоном подвергающихся их воздействию культур (рис. 3).

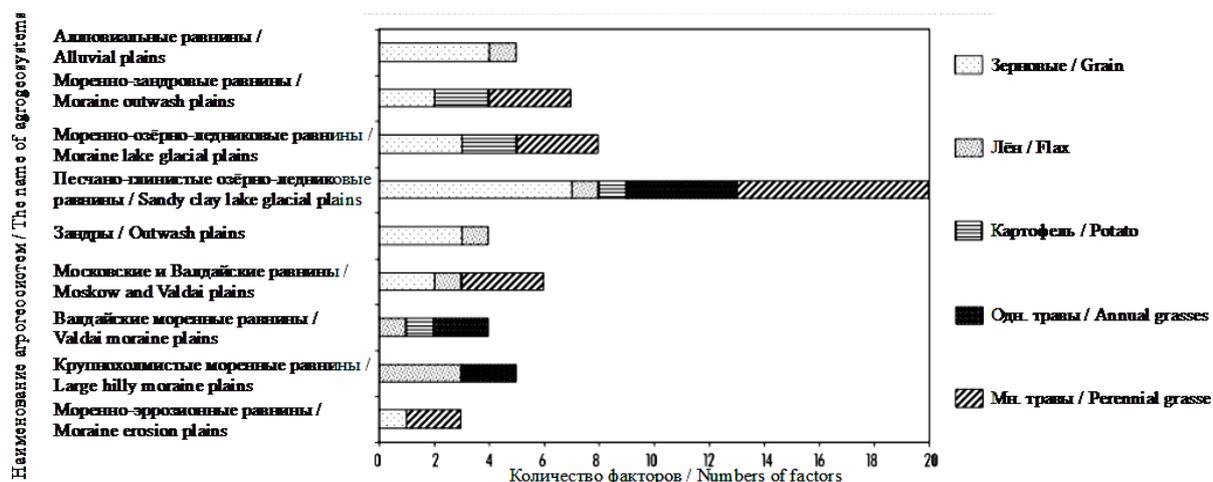


Рис. 3. Количество факторов, активно воздействующих на производственный процесс растений в различных агрогеосистемах /

Fig. 3. The number of factors actively influencing the production process of plants in various agroecosystems

Анализ факторов потенциального воздействия обнаруживает те же закономерности. При этом выясняется, что, во-первых, разница между группами в рамках потенциальных факторов еще контрастнее, во-вторых, все культуры плодосменного севооборота в ландшафтах второй группы подвергаются воздействию потенциальных факторов, в-третьих,

распределение факторов по культурам здесь более равномерное, чем в первой группе (рис. 4). Все это позволяет сделать вывод о том, что проектирование севооборотов в вышеописанных группах ландшафтов должно учитывать индивидуальный набор факторов, активно или потенциально воздействующих на производственный процесс.

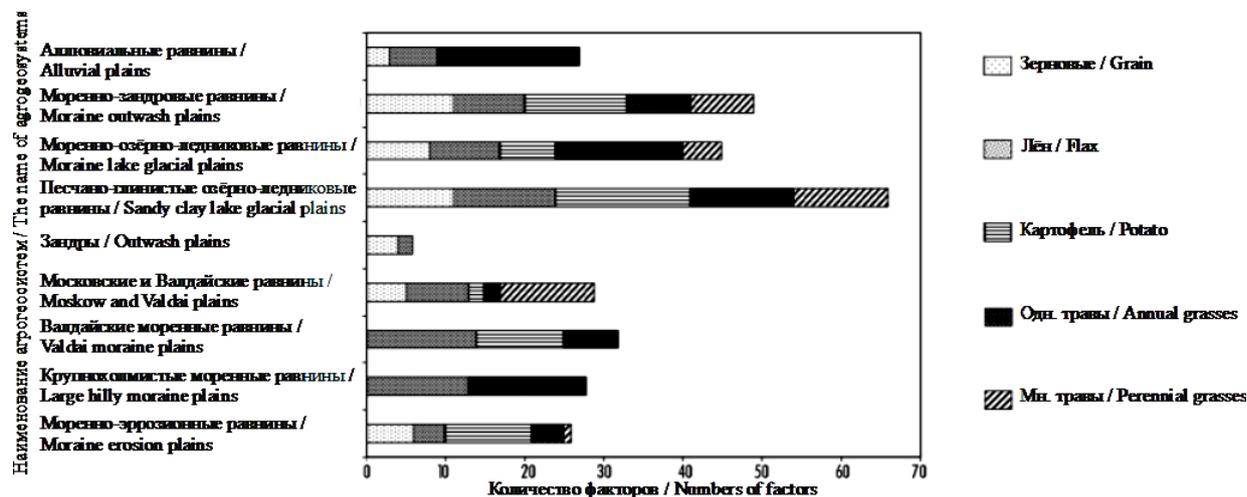


Рис. 4. Количество факторов, потенциально воздействующих на производственный процесс растений в различных агрогеосистемах /

Fig.4. The number of factors potentially influencing the production process of plants in various agroecosystems

Следует отметить, что сравнение условий произрастания культур плодосменного севооборота в различных геокомплексах Тверской области выявляет их достаточно четкую зависимость от генетических особенностей территории. В среднем для всех геокомплексов наибольшая вероятность активного воздействия на продуктивность культур проявляется у факторов организации угодий в пределах хозяйств, а также продуктивности агроландшафта (по 6,7%). Затем идут орографические (5,6%) и агроклиматические (4,9%) факторы, наименее значимы факторы плодородия почв (4,4%). Для геокомплексов, характеризующихся двучленностью почвообразующих пород, наиболее вероятно взаимодействие культур в севообороте (17%), затем идут агроклиматические факторы и особенности организации территории хозяйств (по 10%), наименее значимы орографические и агрохимические факторы (7%). В условиях моногенности почвообразующих пород на первое место по влиянию на производственный процесс выдвигаются факторы плодородия почв (13%), затем идут орографические факторы (10%), и наименьшее значение имеют агроклиматические и производственные параметры агрогеосистем (6%).

Исходя из этого, можно сказать, что производственный процесс в пределах агрогеосистем с достаточно однородной литогенной основой характеризуется относительной стабильностью, так как, прежде всего, зависит от мало изменяющихся во времени орографических и агрохимических параметров, тогда как в условиях господства двучленных отложений продуктивность культур зависит от менее устойчивых во времени обстоятельств.

Длительность стадии постледникового развития геокомплексов и степень гомогенности их литогенной основы оказывают влияние на характер и глубину антропогенной трансформации геосистем. Так, геокомплексы валдайского (вюрмского) возраста, вследствие малой гомогенизации рельефа и почвообразующих пород, практически не ощущают влияния особенностей структурной организации хозяйств на пространственную вариабельность параметров природной среды. Моренные ландшафты московского (миндельского) возраста, литогенная основа которых испытала заметное влияние денудационных процессов, характеризуются значительно более сильной отзывчивостью на антропогенную деятельность. Ландшафты с песчаной литогенной основой, формировав-

шиеся наиболее длительное время, отличаются еще более гомогенной литогенной основой и, как следствие, наибольшей чувствительностью к антропогенному воздействию.

3. Использование интегральных параметров при разработке мероприятий по выращиванию трав.

На современном этапе развития теории природообустройства и комплексной мелиорации агроландшафтов важное значение приобретают интегральные параметры оценки продуктивности местоположений [19], которые позволяют сравнивать по этому показателю агроландшафты различного генезиса. Широко известны работы [20, 21, 22], описывающие способы применения интегральных параметров для сравнения биопродуктивности различных типов почв. В нашей работе предпринята попытка применения вышеназванных методических приемов для оценки продуктивности различных типов агроландшафтов Тверской области, а также определения, на основе полученных результатов, наборов агромелиоративных мероприятий для оптимизации продукционного процесса в их пределах.

Следует различать потенциальную продуктивность типа агроландшафтов (ППТА) и реальную его продуктивность (РПТА). Под ППТА понимается количество биомассы, которое может образоваться только в идеальных условиях, когда приходные статьи энергетического баланса агроландшафта полностью идут на образование прямой и побочной продукции растениеводства. Под РПТА – биомасса основной и побочной продукции растениеводства, полученная в реальных условиях. Показатель соотношения РПТА и ППТА является оценкой степени использования ландшафта.

Потенциальная продуктивность агрогеосистем оценивается по следующим формулам [19]:

$$\text{ППТА} = S \cdot \text{CL} \text{ (для естественных ценозов),}$$

$$\text{ППТА} = S \cdot \text{ART} \cdot \text{GGR} \text{ (для агроценозов),} \quad (1)$$

где ППТА – потенциальная продуктивность биомассы растительности в данных почвенно-климатических условиях, т/га воздушно-сухого вещества; S – индекс почвы; CL – коэффициент благоприятности климата; ART – показатель соответствия климатических условий данной культуре; GGR – коэффициент, зависящий от особенностей производства.

Индекс почвы – интегральный показатель плодородия почвы вычисляется по зависимости [19]:

$$S = \frac{6,4(G_{\text{ГК}} + 0,2G_{\text{ФК}})}{600} + 8,5\sqrt{\text{NPK}} + 5,1e^{-[Hr-1]/4}, \quad (2)$$

где 6,4; 8,5 и 5,1 – весовые коэффициенты; $G_{\text{ГК}}$ и $G_{\text{ФК}}$ – содержание гуматного и фульватного гумуса соответственно, т/га; N, P, K – содержание в почве азота, фосфора и калия в почве в долях от их оптимального значения для данной культуры; Hr – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

Максимальное значение индекса почвы равно 20.

Коэффициент благоприятности климата – интегральный показатель, учитывающий тепло- и влагообеспеченность территории, определяется по формуле [19]:

$$\text{CL} = \sqrt{\left(\arctg \frac{Hf-113}{4} + 1,57\right) \cdot \left(\arctg \frac{T-6}{2} + 1,57\right)}, \quad (3)$$

где Hf – показатель эффективного увлажнения = $43,21gO_c - T$; O_c – среднегодовое количество осадков, мм; T – среднегодовая температура, $^{\circ}\text{C}$.

Для агроценозов коэффициент CL применяться не может, так как каждая сельскохозяйственная культура имеет свой оптимальный диапазон гидротермических условий. Поэтому рассчитывают показатель соответствия агроклиматических условий данной культуры (ART), который вычисляется по формуле [19]:

$$\text{ART} = e^{-\left[\left(\frac{Hf-Hf_0}{DH}\right)^2 + \left(\frac{T-T_0}{DT}\right)^2\right]}, \quad (4)$$

где параметры Hf_0 , DH, T_0 , DT – определяются в зависимости от биологических особенностей рассматриваемой культуры, Hf_0 и T_0 – характеризуют оптимальное увлажнение и температуру, а DH и DT – диапазон соответствующих условий, приемлемых для данной культуры.

Особенности сельскохозяйственного производства учитывает коэффициент GGR, обычно изменяющийся в пределах от 0,5 до 1,45. Используя формулы 2 – 4, можно рассчитать, на основе учета условий вегетации многолетних трав, значения ППТА для агрогеосистем (табл. 4).

Максимальное значение CL (коэффициента благоприятности климата) наблюдается в пределах холмистых моренных равнин, расположенных на западе и северо-западе области. Этот тип агроландшафтов, наряду с болотными массивами, характеризуется также максимальными значениями S – индекса почвы. Потенциальная продуктивность естественных лугов составляет в пределах холмистых равнин 12,2 т/га воздушно-сухого вещества, а для осушенных болот – 11,44 т/га.

Таблица 4 – Параметры расчета ППТА для типов агроландшафтов в пределах Тверской области / Table 4 – PTA calculation parameters for types of agricultural landscapes within the Tver region

ТА (№)	CL	S	ППТА, м/га / PTA, t/ha	РПТА, м/га / RTA, m/ha	ART	PotGGR	RealGGR	Потенциал мелиорации / The potential of land reclamation	Степень реализации ППТА, % / The degree of PTA implementation, %
1	1,28	7,19	9,20	2,67	0,89	1,43	0,42	1,01	29,4
2	1,26	7,77	9,79	2,96	0,89	1,41	0,43	0,98	30,5
3	1,40	8,71	12,19	2,18	0,86	1,63	0,29	1,34	17,8
4	1,26	8,10	10,21	2,98	0,89	1,41	0,41	1,00	29,1
5	1,33	8,20	10,91	2,30	0,89	1,49	0,32	1,17	21,5
6	1,28	8,40	10,75	2,92	0,89	1,44	0,39	1,05	27,1
7	1,27	8,24	10,46	3,23	0,90	1,42	0,44	0,98	31,0
8	1,26	7,83	9,87	2,75	0,89	1,41	0,39	1,02	27,7
9	1,26	7,03	8,86	2,62	0,89	1,41	0,42	0,99	29,8
10	1,27	7,28	9,25	1,77	0,90	1,42	0,27	1,16	19,0
11	1,31	8,73	11,44	2,54	0,88	1,49	0,33	1,16	22,2

На основе анализа статистических материалов наиболее высокая реальная продуктивность многолетних трав отмечена в пределах моренно-озерно-ледниковых равнин (3,23 т/га), а наиболее низкая – на побережьях водоемов (1,77 т/га) и на холмистых моренных равнинах (2,18 т/га). Это отчасти объясняется низким значением ART (показателя соответствия агроклиматических условий данной культуре), который для холмистых равнин составляет 0,86. Противоречия между реальными и потенциальными данными в основном объясняются факторами, не учтенными при работе с формулами 2 – 4. Суммарно они включаются в множитель GGR, потенциальное значение которого может быть вычислено по формуле:

$$\text{PotGGR} = \frac{\text{ППТА}}{S \cdot \text{ART}}, \quad (5)$$

где PotGGR – потенциальное значение GGR; ППТА – потенциальная продуктивность конкретного типа агроландшафта; S – индекс почвы; ART – показатель соответствия агроклиматических условий данной культуре.

Реальное значение GGR может быть определено по формуле:

$$\text{RealGGR} = \frac{\text{РПТА}}{S \cdot \text{ART}}, \quad (6)$$

где RealGGR – реальное значение GGR; РПТА – реальная продуктивность конкретного типа агроландшафта; S – индекс почвы; ART – показатель соответствия агроклиматических условий данной культуре.

Разница между потенциальным и реальным значениями GGR определяет потенциал мелиорации агроландшафта, то есть коэффи-

циент максимально возможного увеличения его продуктивности при применении комплекса агротехнических и агромелиоративных мероприятий.

Доля RealGGR от значения PotGGR, выраженная в процентах, определяет степень реализации ППТА конкретной агрогеосистемы. Картограмма степени реализации ППТА в различных типах агроландшафтов Тверской области показана на рисунке 5. Данные этого рисунка и таблицы 4 показывают, что максимальная степень реализации ППТА наблюдается в пределах моренно-озерно-ледниковых (31,0%) и крупнохолмистых моренных равнин (30,5%), а минимальная в условиях холмистых моренных равнин (17,8%).

Сравнение различных типов агроландшафтов возможно только в единой системе факторных координат. Выявление факторов, влияющих на степень реализации ППТА, позволяет определить направления агромелиоративного воздействия на природные комплексы. В таблице 5 приведены результаты мультирегрессионного анализа влияния единого набора факторов природной среды агрогеосистем на степень реализации ППТА различных агрогеосистем.

Все факторы, влияющие на степень реализации ППТА, можно разделить на три группы: 1. Сильно влияющие, определяющие более 10% ее вариабельности. 2. Слабо влияющие, определяющие от 10 до 1% ее вариабельности. 3. Практически не влияющие, определяющие менее 1% ее вариабельности.

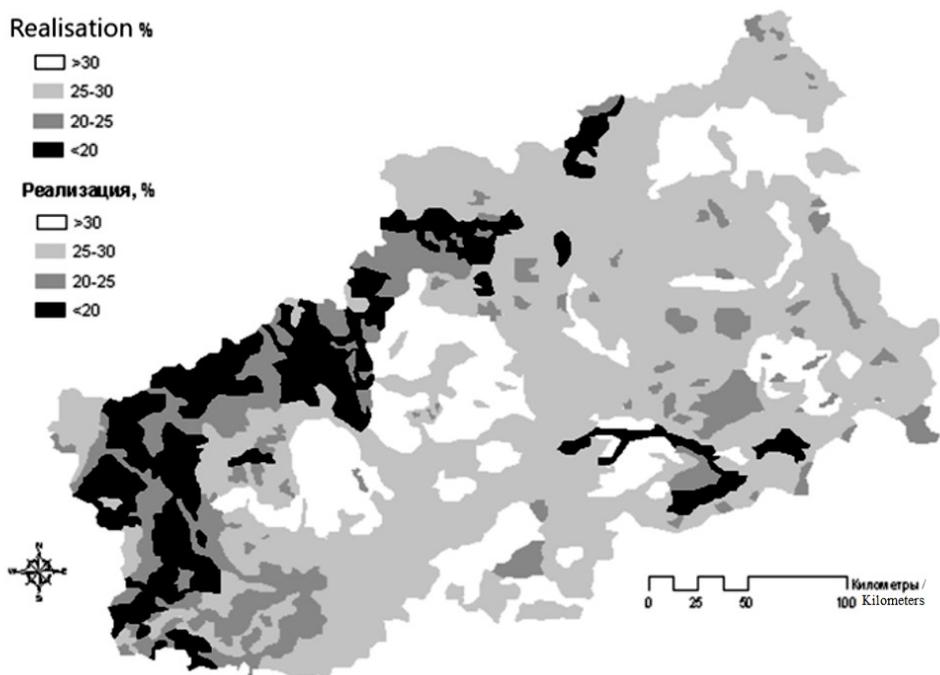


Рис. 5. Группировка ТА по степени реализации ППТА [16] /
 Fig.5. Agricultural landscape grouping by the degree of PTA implementation

Таблица 5 – Факторы, влияющие на степень реализации ППТА в пределах Тверской области /
 Table 5 – Factors affecting the degree of implementation of PTA in the Tver region

Факторы / Factors	Направленность влияния / Direction of influence	Доля вариабельности, % / The proportion of variability, %
Соотношение луга и пашни / Ratio of meadow and arable land	-	35,1
Запас продуктивной влаги / Productive moisture reserve	+	18,9
Содержание физической глины / Content of physical clay	+	9,6
Степень заболоченности угодий / Degree of wetlands	-	9,4
Доля сенокосов в агроландшафте / The share of grasslands in the agricultural landscape	-	6,7
Содержание фосфора в $A_{\text{пах}}$ / Phosphorus content in soils	+	5,6
Содержание калия в $A_{\text{пах}}$ / The potassium content in soils	-	4,7
Степень эродированности пашен / The degree of erosion of arable land	+	3,0
Доля лугов в агроландшафте / Share of meadows in the agricultural landscape	+	2,1
Доля пашни в агроландшафте / Share of arable land in the agricultural landscape	-	1,4
pH $A_{\text{пах}}$ / pH in soils	-	0,9
Доля залежей в агроландшафте / Share of deposits in the agricultural landscape	-	0,8
Высота местоположения / The height of the location	-	0,5
Степень закаменности угодий / The degree of fossil record	+	0,5
Размер контура угодий / Land contour size	-	0,4

Максимальное воздействие на степень реализации потенциала продуктивности агро-

ландшафтов оказывает соотношение в них луга и пашни. Его увеличение приводит к по-

нижению степени реализации, что свидетельствует о влиянии на нее степени биологизации севооборота. Этот вывод подтверждается и отрицательным влиянием роста доли сенокосов на степень реализации ППТА.

Увеличение запасов продуктивной влаги в почвах способствует росту степени реализации ППТА, так как улучшает водопотребление трав, однако отрицательное влияние на нее увеличения доли заболоченных угодий в агроландшафте и положительное степени эродированности пашен, определяющей самодренаж

территории, заставляет сделать вывод о необходимости двойного регулирования водно-воздушного режима почв [23, 24].

Регрессионный анализ позволяет выявить оптимальные и критические значения факторов, влияющих на степень реализации ППТА (табл. 6). Урожай многолетних трав выше среднего уровня получают в агроландшафтах с соотношением луга и пашни меньшем 0,84, что говорит о большой роли сеяных травостоев в процессе повышения РПТА.

Таблица 6 – Сопоставление оптимальных значений факторов, влияющих на степень реализации ППТА, с их реальными значениями для различных типов агроландшафтов Тверской области / Table 6 – Comparison of the optimal values of factors affecting the degree of implementation of PTA with their real values for different types of agricultural landscapes of Tver region

ТА (№)	Факторы первой и второй групп / Factors of the first and second groups									
	луг/пашня / meadow/arable land	продук- тивная влага / productive moisture	физи- ческая глина / physical clay	забо- лочен- ность / boggi- ness	сено- косы / hay- field	фосфор / phos- phorus	калий / potas- sium	эродиро- ванность / erodibility	луга / mea- dows	пашня / arable
	Оптимальные значения факторов / The optimal values of the factors									
	<0,84	>222	>26	37-67	<8	<123	<100	>16	<20	>27
Реальные значения факторов / The real values of the factors										
1	0,44	234	25,9	38,0	5,4	94	94	22,1	15,6	38
2	0,53	230	25,0	42,7	6,3	112	92	23,2	14,2	30
3	1,00	210	21,6	29,2	8,7	129	106	21,9	15,6	17,3
4	0,65	222	25,2	43,2	5,9	117	103	19,1	17,3	28,9
5	0,96	207	20,5	45,2	8,0	128	99	21,5	16,7	21,4
6	0,82	224	22,8	47,0	8,6	133	99	12,7	19,0	27,6
7	0,55	228	24,3	45,3	5,4	115	99	15,3	17,1	33,9
8	0,56	219	26,9	34,4	7,2	119	103	21,2	15,5	28,9
9	0,50	224	22,3	69,8	7,6	84	77	11,1	18,6	40,4
10	0,90	223	24,8	99,9	9,9	121	102	12,8	20,9	27,5
11	0,67	212	22,0	70,7	5,0	83	69	0,0	14,0	21,0

Следовательно, биологизация севооборотов является мощным фактором повышения продуктивности агроландшафтов. Важным условием для получения высоких урожаев сена является наличие в метровом слое почвы запасов продуктивной влаги не менее 222 мм, физической глины не менее 26% и т. д. Такие показатели, как содержание фосфора и калия в почвах определяют негативное влияние на произрастание трав на плотных моренных суглинках (морена относительно богата этими элементами). Оптимальное значение доли эродированных угодий определяет степень самодренирования территории.

Сопоставляя оптимальные значения факторов, влияющих на степень реализации ППТА, с их реальными значениями, можно определить основную направленность агромелиоративных мероприятий в различных АГС. Анализ данных таблицы 7 показывает, что некоторые агрогеосистемы, такие как моренно-эрозийные равнины или крупнохолмистые моренные равнины нуждаются в незначительном антропогенном вмешательстве для оптимизации продукционного процесса трав, в то время как холмистые моренные равнины, болотные массивы и др. требуют комплексного многофакторного воздействия для повышения степени реализации ППТА.

Таблица 7 – Системы мероприятий в различных типах агроландшафтов Тверской области, направленные на повышение степени реализации ППТА для злакобобовых травостоев

<i>ТА (№)</i>	<i>Системы мероприятий</i>
1	Размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом.
2	Размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом.
3	Вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов, двойное регулирование водно-воздушного режима почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и глубоким залеганием морены.
4	Размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и глубоким залеганием морены.
5	Вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов, двойное регулирование водно-воздушного режима почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и глубоким залеганием морены.
6	Вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов, осушение почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и глубоким залеганием морены.
7	Осушение почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом.
8	Двойное регулирование водно-воздушного режима почв, размещение травостоев на почвах с глубоким залеганием морены.
9	Осушение почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом.
10	Вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов, двойное регулирование водно-воздушного режима почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и глубоким залеганием морены.
11	Вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов, двойное регулирование водно-воздушного режима почв, размещение травостоев на почвах с тяжелым гранулометрическим составом.

Table 7 – Systems of measures in different types of agricultural landscapes of the Tver region, aimed at increasing the degree of implementation of PTA for leguminous herbage

<i>ТА (№)</i>	<i>Measure systems</i>
1	The location of the swards on soils of heavy granulometric composition.
2	The location of the swards on soils of heavy granulometric composition.
3	Involvement in crop rotation of a certain number of hayfields, double regulation of water-air regime of soils, placement of grass stands on soils with heavy granulometric composition and deep moraine.
4	The location of the swards on soils of heavy granulometric composition and the deep moraine.
5	Involvement in crop rotation of a certain number of hayfields, double regulation of water-air regime of soils, placement of grass stands on soils with heavy granulometric composition and deep moraine.
6	Involvement in crop rotation of a certain number of hayfields, soil drainage, placement of grass stands on soils with heavy granulometric composition and deep moraine occurrence.
7	The soil drainage, the location of the swards on soils of heavy granulometric composition.
8	Double regulation of water-air regime of soils, placement of grass stands on soils with deep moraine.
9	The soil drainage, the location of the swards on soils of heavy granulometric composition.
10	Involvement in crop rotation of a number of hayfields, double regulation of water-air regime of soils, placement of grass stands on soils with heavy granulometric composition and deep moraine.
11	Involvement in crop rotation of a number of hayfields, double regulation of water-air regime of soils, placement of grass stands on soils with heavy granulometric composition.

В таблице 7 приведены системы природоустроительных и мелиоративных мероприятий, направленных на повышение степени реализации ППТА для злакобобовых травостоев в различных типах агроландшафтов Верхневолжского бассейна. Все системы можно объединить в три группы: 1. Адаптивное размещение травостоев в зависимости от гранулометрического состава и геологическо-

го строения почв. 2. Адаптивное размещение травостоев и осушительно-оросительные мелиорации. 3. Адаптивное размещение травостоев, водные мелиорации и землеустроительные мероприятия (вовлечение в севооборот некоторого количества сенокосов). Схема зонирования территории области по группам мероприятий показана на рисунке 6.

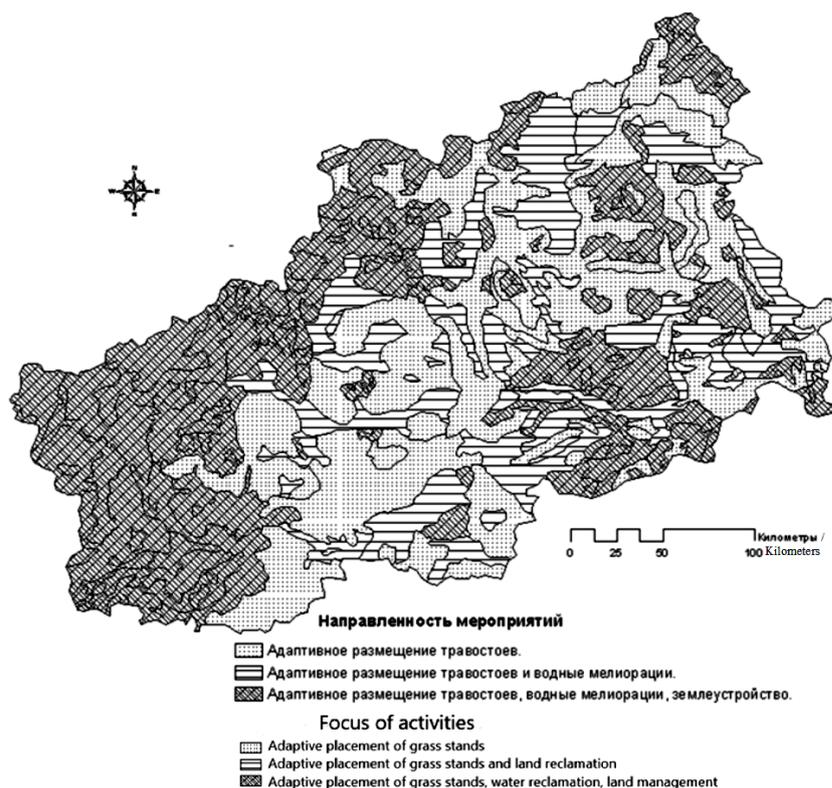


Рис. 6. Зонирование территории Тверской области по направленности мероприятий оптимизации продукционного процесса трав [16] /

Fig. 6. Zoning of the Tver region in the direction of measures to optimize the production process of herbs

Итак, методика оценки продуктивности типов агроландшафтов может быть основана на использовании интегральных показателей. На этапе становления методов проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия они могут успешно применяться не только в пределах типов почв, но и на уровне мелких иерархических единиц биосферы. В совокупности с геоинформационными системами и приемами математического моделирования они позволяют выявлять ареалы распространения мероприятий по оптимизации мелиоративного состояния геокомплексов.

Выводы: 1. Геостатистические методы являются важной составляющей процесса разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. На их основе можно определить влияние условий природной среды геосистем различного уровня на характер землеустройства хозяйств, структуры их посевных площадей и севооборотов, а также на особенности агро-

технологических мероприятий выращивания конкретных культур. 2. Дисперсионный анализ позволяет определить «узловые» уровни типизации агрогеосистем, на основе характеристик которых возможна разработка конкретных мероприятий природно-рационального землепользования. 3. Путевой анализ предоставляет информацию о факторах, влияющих на произрастание определенных культур в различных геокомплексах одного типизационного уровня. Он позволяет обнаруживать генетические взаимосвязи между характером устройства оролитогенной основы геокомплекса и оптимальным набором культур в его пределах. 4. Определение значений интегральных показателей продуктивности агроландшафтов позволяет разработать наборы агротехнических и мелиоративных мероприятий достижения в их пределах максимально возможной продуктивности и выявить, на основе ГИС-технологий, ареалы их применения.

Список литературы

1. Иванов Д. А. Теоретические аспекты агрогеографии. Вестник Российской академии наук. 2018;88(9):804-810. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36376365>
2. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. М.: Мысль, 1973. 224 с.
3. Николаев В. А. Концепция агроландшафта. Вестник МГУ. Серия география. 1987;(2):22-27.
4. Николаев В. А. Ландшафтоведение и земледелие. Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов. Тезисы ландшафтной конференции. М.-СПб., 1997. С. 24-28.

5. Прокаев В. И. Физико-географическое районирование. М.: Просвещение, 1983. 176 с.
6. Швецс Г. И. Концепция парагенетических ландшафтов и природопользование. География и практика науки. М., 1988. С. 107-120.
7. Каштанов А. Н., Щербаков А. Т. Ландшафтное земледелие. Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве. Ч.2. Курск, 1993. 110 с.
8. Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швецс Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М.: Колос, 1994. 127 с.
9. Кирюшин В. И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. Пушкино, 1993. 95 с.
10. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
11. Щербаков А. П., Володин В. М., Михайлова Н. Ф. Ландшафтное земледелие и агробиоэнергетика. Земледелие. 1994;(2):6-7.
12. Савин И. Ю. Среднемасштабная инвентаризация почв с использованием технологий географических информационных систем. М.: Агостроф, 2012. 461 с.
13. Oliver M. A., Webster R. Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging, 2015. 100 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/1702843/>
14. Pyrcz M. J., Deutsch C. V. Geostatistical Reservoir Modeling PDF- Oxford New York, 2014. VII. 433 p. ISBN 978-0-19-973144-2. URL: <https://www.twirpx.com/file/1421670/>
15. Преображенский В. С. Ландшафтные исследования. М.: Наука, 1966. 127 с.
16. Иванов Д. А., Ковалев Н. Г., Анциферова О. Н. Применение интегральных показателей продуктивности агрогеосистем для целей мелиорации. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014;(1(13)):1-16. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=226&id=227>
17. Ковалев Н. Г., Смирнов А. А., Иванов Д. А., Корнеева Е. М., Зинковский В. Н., Салихов Р. А., Филиппова Т. Е., Петрова Л. И., Бакланов А. М., Кобзин А. Г., Юдкин Л. Ю., Болатбекова К. С., Цветкова М. А., Тихомирова Т. М. Теоретические основы создания адаптивных ландшафтно-мелиоративных систем земледелия и их типовые модели (проекты) для различных природно-экономических условий гумидной зоны. Кн.1. Тверь, 2000. 119 с.
18. Седловский А. И., Мартынов С. П., Мамонов Л. К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. Алма-Ата: Наука, 1982. 198 с.
19. Пегов С. А., Хомяков П. М. Моделирование развития экологических систем. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 224 с.
20. Белова И. В., Кирейчева Л. В., Устинов М. Т. Прогноз продуктивности сельхозугодий Барабинской низменности с использованием ГИС-технологий. Мелиорация и Водное хозяйство. 2008;(1):28-30.
21. Кирейчева Л. В., Белова И. В., Хохлова О. Б. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиорированного агроландшафта. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования: сб. научн. тр. М.: РАСХН, 2006. С. 6-27.
22. Кирейчева Л. В., Белова И. В., Карпенко Н. П., Адыев С. П., Дедова Э. Б., Кониева Г. Н. Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации. М., 2008. 82 с.
23. Зайдельман Ф. Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.
24. Применение агро-мелиоративных мероприятий на осушенных минеральных землях Нечерноземной зоны РСФСР (технологический регламент). М.: Минсельхозпрод РСФСР, ВНИИМЗ, СевНИИГиМ, 1990. 58 с.

References

1. Ivanov D. A. *Teoreticheskie aspekty agrogeografii*. [Theoretical aspects of agrogeography]. *Vestnik rossiysskoy akademii nauk*. 2018;88(9):804-810. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36376365>
2. Mil'kov F. N. *Chelovek i landshafty*. [Man and landscapes]. Moscow: *Mysl'*, 1973. 224 p.
3. Nikolaev V. A. *Kontseptsiya agrolandshafta*. [The concept of agricultural landscape]. *Vestnik MGU. Seriya geografiya* = Moscow University Bulletin. Series 5, Geography. (In Russ.). 1987;(2):22-27.
4. Nikolaev V. A. *Landshaftovedenie i zemledelie. Struktura, funkcionirovanie, evolyutsiya prirodnykh i antropogennykh landshaftov*. [Landscape science and agriculture. Structure, functioning, evolution of natural and anthropogenic landscapes]. *Tezisy landshaftnoy konferentsii*. [Abstracts of the landscape conference]. Moscow–Saint-Petersburg, 1997. pp. 24-28.
5. Prokaev V. I. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie*. [Physical and geographical zoning]. Moscow: *Prosveshchenie*, 1983. 176 p.
6. Shvebs G. I. *Kontseptsiya parageneticheskikh landshaftov i prirodo-pol'zovanie. Geografiya i praktika nauki*. [The concept of paragenetic landscapes and nature management. Geography and practice of science]. Moscow, 1988. pp. 107-120.
7. Kashtanov A. N., Shcherbakov A. T. *Landshaftnoe zemledelie. Meto-dicheskie rekomendatsii po razrabotke landshaftnykh sistem zemledeliya v mnogoukladnom sel'skom khozyaystve*. [Landscape farming. Guidelines for the development of landscape farming systems in mixed farming]. Part 2. Kursk, 1993. 110 p.

8. Kashtanov A. N., Lisetskiy F. N., Shvebs G. I. *Osnovy landshaftno-ekologicheskogo zemledeliya*. [Basics of landscape-ecological farming]. Moscow: *Kolos*, 1994. 127 p.
9. Kiryushin V. I. *Kontseptsiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya*. [The concept of adaptive landscape farming]. Pushchino, 1993. 95 p.
10. Kiryushin V. I. *Ekologicheskie osnovy zemledeliya*. [Ecological basis of agriculture]. Moscow: *Kolos*, 1996. 367 p.
11. Shcherbakov A. P., Volodin V. M., Mikhaylova N. F. *Landshaftnoe zemledelie i agrobioenergetika*. [Landscape Agriculture and Agro-Bioenergy]. *Zemledelie*. 1994;(2):6-7. (In Russ.).
12. Savin I. Yu. *Srednemasshtabnaya inventarizatsiya pochv s ispol'zovaniem tekhnologiy geograficheskikh informatsionnykh sistem*. [Medium-scale soil inventory using geographic information systems technologies]. Moscow: *Apostrof*, 2012. 461 p.
13. Oliver M. A., Webster R. *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*, 2015. 100 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/1702843/>
14. Pyrcz M. J., Deutsch C. V. *Geostatistical Reservoir Modeling PDF*— Oxford New York, 2014. VII. 433 p. ISBN 978-0-19-973144-2. URL: <https://www.twirpx.com/file/1421670/>
15. Preobrazhenskiy V. S. *Landshaftnye issledovaniya*. [Landscape research]. Moscow: *Nauka*, 1966. 127 p.
16. Ivanov D. A., Kovalev N. G., Antsiferova O. N. *Primenenie inte-gral'nykh pokazateley produktivnosti agrogeosistem dlya tseley melioratsii*. [The use of integral indicators of productivity of agrogeosystems for land reclamation purposes]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2014;(1(13)):1-16. (In Russ.). URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=226&id=227>
17. Kovalev N. G., Smirnov A. A., Ivanov D. A., Korneeva E. M., Zinkovskiy V. N., Salikhov R. A., Filippova T. E., Petrova L. I., Baklanov A. M., Kobzin A. G., Yudkin L. Yu., Bolatbekova K. S., Tsvetkova M. A., Tikhomirova T. M. *Teoreticheskie osnovy sozdaniya adaptivnykh landshaftno-meliorativnykh sistem zemledeliya i ikh tipovye modeli (proekty) dlya razlichnykh prirodno-ekonomicheskikh usloviy gumidnoy zony*. [The theoretical basis for the creation of adaptive landscape-meliorative farming systems and their standard models (projects) for various natural and economic conditions of the humid zone]. Kn.I, Tver', 2000. 119 p.
18. Sedlovskiy A. I., Martynov S. P., Mamonov L. K. *Genetiko-statisticheskie podkhody k teorii seleksii samoopylyayushchikhsya kul'tur*. [Genetic-statistical approaches to the theory of selection of self-pollinating cultures]. Alma-Ata: *Nauka*, 1982. 198 p.
19. Pegov S. A., Khomyakov P. M. *Modelirovanie razvitiya ekologicheskikh sistem*. [Modeling the development of ecological systems]. Leningrad: *Gidrometeoizdat*, 1991. 224 p.
20. Belova I. V., Kireycheva L. V., Ustinov M. T. *Prognoz produktivnosti sel'khozugodiy Barabinskoy nizmennosti s ispol'zovaniem GIS-tekhnologiy*. [Forecast of farmland productivity in the Barabinsk lowland using GIS technologies]. *Melioratsiya i Vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2008;(1):28-30. (In Russ.).
21. Kireycheva L. V., Belova I. V., Khokhlova O. B. *Metodologiya prognozirovaniya produktsionnogo potentsiala i formirovanie ustoychivogo meliorirovannogo agrolandshafta*. [Methodology of forecasting production potential and the formation of a sustainable ameliorated agricultural landscape]. *Metody i tekhnologii kompleksnoy melioratsii i ekosistemnogo vodopol'zovaniya: sb. nauchn. tr.* [Methods and technologies of integrated land reclamation and ecosystem water use: collection of proceedings]. Moscow: *RASHN*, 2006. pp. 6-27.
22. Kireycheva L. V., Belova I. V., Karpenko N. P., Ad'yaev S. P., Dedova E. B., Konieva G. N. *Tekhnologii upravleniya produktivnost'yu melioriruemyykh agrolandshaftov razlichnykh regionov Rossiyskoy Federatsii*. [Technologies for managing the productivity of reclaimed agricultural landscapes in various regions of the Russian Federation]. Moscow, 2008. 82 p.
23. Zaydel'man F. R. *Ekologo-meliorativnoe pochvovedenie gumidnykh landshaftov*. [Ecological and reclamation soil science of humid landscapes]. Moscow: *Agropromizdat*, 1991. 320 p.
24. *Primenenie agromeliorativnykh meropriyatiy na osushennykh mineral'nykh zemlyakh Nechernozemnoy zony RSFSR (tekhnologicheskii reglament)*. [Application of land reclamation measures on the drained mineral lands of the Non-chernozem zone of the RSFSR (technological regulations)]. Moscow: *Minsel'khozprod RSFSR, VNIMZ, SevNIIGiM*, 1990. 58 p.

Сведения об авторе:

✉ **Иванов Дмитрий Анатольевич**, доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент РАН, зав. отделом ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», п. Эммаусс, д. 27, Калининский район, Тверская область, Российская Федерация, 170530, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8123-3257>, e-mail: volok123@gmail.com

Information about the author:

✉ **Dmitri A. Ivanov**, DSc in Agriculture, professor, corresponding member of RAS, Head of the Department, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Settlement Emmaus, 7, Kalininsky District, Tver Region, Russian Federation, 170530, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8123-3257>, e-mail: volok123@gmail.com

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>
УДК 631.174:631.8



Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности

© 2019. И. В. Лыскова¹✉, Т. В. Лыскова¹, Ф. А. Попов²

¹Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Фаленки, Кировская обл., Российская Федерация,

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В условиях Кировской области на дерново-подзолистой почве, сформированной на покровных суглинках, в длительном стационарном опыте (год закладки 1971) изучено влияние последодействия минеральных удобрений и извести, с учетом содержания в почве подвижного фосфора, на продуктивность клевера лугового сорта Дымковский. Исследования проводили в 2008...2018 гг. на почвенных фонах с различной кислотностью и обеспеченностью подвижным фосфором: без внесения извести (рН 3,68, АI – 11...17 мг/100 г почвы, P₂O₅ – 142...291 мг/кг почвы) и известкованном (рН 5,5, АI – не выявлен, P₂O₅ – 120 ... 232 мг/кг). В вариантах без внесения фосфорных удобрений обеспеченность подвижным фосфором на кислом фоне была в пределах 77...84 мг/кг, на известкованном – 66...89 мг/кг. Средняя урожайность зеленой массы клевера в 2012 г. на кислом фоне составила 17,24 т/га и 30,77 т/га – на известкованном, повышение от известкования достигло 78,4%; в 2018 г. – 13,0 т/га, 28,3 т/га, 118% соответственно. Выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и H₂) с урожайностью зеленой массы клевера, $r = 0,76$ и $r = -0,79$ соответственно. Влияние содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера было несущественным. На содержание сырого протеина в сухой массе клевера оказали влияние погодные условия в годы исследований: в 2012 г. в среднем этот показатель варьировал от 11,92 до 12,74%, в 2018 г. от 17,47 до 19,88% соответственно на кислом и известкованном фонах.

Ключевые слова: полевой опыт, известкование, агрохимические свойства, урожайность, сбор сырого протеина

Благодарности: научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема №0767-2019-0100).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лыскова И. В., Лыскова Т. В., Попов Ф. А. Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):368-377. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>

Поступила: 25.03.2019 Принята к публикации: 25.07.2019 Опубликована онлайн: 30.08.2019

Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with various content of mobile phosphorus and degree of acidity

© 2019. Irina V. Lyskova¹✉, Tatiana V. Lyskova¹, Fedor A. Popov²

¹Falenki breeding station – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation,

²Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation

The influence of after-effect of mineral fertilizers and lime on productivity of meadow clover 'Dymkovsky' with regard to the content of mobile phosphorus in the soil have been studied in a long stationary trial (established in 1971) on sod-podzolic soil developed on clay loam mantle in the Kirov region. The study was conducted in 2008-2018 on soil backgrounds with various acidity and mobile phosphorus sufficiency: without lime application (pH 3.68, AI 11-17 mg/100g of soil, P₂O₅ 142-291 mg/kg of soil) and with lime application (pH 5.5, AI was not revealed, P₂O₅ 120-232 mg/kg). In variants without application of phosphoric fertilizers the mobile phosphorus sufficiency was 77-84 mg/kg against acid background, and 66-89 mg/kg against limed background. The average yield of clover green mass in 2012 was 17.24 t/ha against acid background and 30.77 t/ha against limed background; the increase due to lime application was 78.4%, in 2018 – 13.0 t/ha, 28.3 t/ha, 118%, respectively. Reliable correlation links have been revealed between the degree of soil acidity (pH and H₂) and productivity of clover green mass, $r = 0.76$ and $r = -0.79$, respectively. The effect of the content of mobile phosphorus in the soil on clover productivity was insignificant. Weather conditions during the research influenced the content of crude protein in clover dry mass: in 2012 this indicator varied from 11.92 to 12.74% on the average, in 2018 – from 17.47 to 19.88% against acid and limed background, respectively.

Key words: field trial, liming, agrochemical properties, productivity, crude protein harvest

Acknowledgement: scientific work was performed in the framework of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme 0767-2019-0100).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Lyskova I. V., Lyskova T. V., Popov F. A. Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with various content of mobile phosphorus and degree of acidity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East.2019;20(4):368-377. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377>.

Received: 25.03.2019

Accepted for publication: 25.07.2019

Published online: 30.08.2019

Дерново-подзолистые суглинистые почвы, сформированные на покровных суглинках восточной части европейской территории России (куда входит Кировская область), имеют ряд особенностей по питательному, водному и температурному режимам, которые следует учитывать при разработке систем земледелия [1, 2, 3]. Длительные опыты с удобрениями (изучение различных доз и соотношений элементов питания) дают возможность глубоко изучить закономерности их действия на плодородие почвы [4, 5, 6], продуктивность и качество культур зернопаротравяного севооборота [7, 8].

Возделывание клевера лугового в полевых севооборотах – важный фактор увеличения сбора высокобелкового корма с пашни, повышения плодородия пахотных земель за счет поступления органического вещества и питательных элементов с растительными остатками и накопления биологического азота за счет азотфиксации клубеньковыми бактериями из атмосферы [9, 10]. Клевер луговой при урожае 20 т/га зеленой массы накапливает до 160 кг биологического азота в надземной массе и 40 кг в корнях. При использовании клевера лугового на сидерат почва обогащается органическим веществом в количестве эквивалентном внесению 30-35 т/га стандартного подстилочного навоза [11, 12]. В свою очередь, одним из условий получения высокой урожайности клевера на кислых дерново-подзолистых почвах является известкование [13, 14, 15]. Клевер, благодаря развитой корневой системе в глубину, может усваивать фосфаты нижних слоев почвы, что служит одним из основных условий вовлечения в биологический круговорот фосфатов материнской породы [2].

Научные исследования при изучении вопросов эффективности удобрений на продуктивность клевера лугового чаще всего посвящены изучению различных доз и их сочетаний, способов внесения, форм удобрений, как без учета почвенной разности, так и с учетом разной степени известкования [16, 17]. В связи с этим наши исследования о влиянии фосфатных фонов и различной степени

кислотности дерново-подзолистой почвы на продуктивность клевера в почвенно-климатических условиях Кировской области являются актуальными при разработке научно обоснованных принципов применения агрохимических средств.

Цель исследований – изучить влияние последствий минеральных удобрений и извести на продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности.

Материал и методы. Исследования проводили в условиях длительного стационарного опыта, заложенного в 1971 г. под руководством А.И. Калинина на опытном поле Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области), в 2008...2018 гг. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта (1971 г.): рН_{KCl} 4,2...4,5; Нг 5,4...6,7 мг-экв/100 г; содержание подвижных фосфора и калия 71...73 и 90...116 мг/кг соответственно. Опыт проводили в зернопаротравяном севообороте: чистый пар, озимая рожь, яровая пшеница с подсевом клевера, клевер 1 года пользования (г.п.), клевер 2 г.п., яровая пшеница, овёс. Общая площадь делянки 40,25 м², повторность четырехкратная.

Варианты длительного стационарного опыта различаются по содержанию подвижного фосфора в почве, за счет ранее внесенного фосфорного удобрения согласно схеме опыта (табл. 1).

Опыт расположен на двух почвенных фонах – без внесения извести и известкованном (по 1 г.к.). Известкование проводили периодически в 1971, 1979, 1987 и 2009 гг. Удобрения под клевер вносили под покровную культуру в трехкратной дозе. Образцы почвы по вариантам опыта отбирали после уборки с.-х. культур с двух несмежных повторностей в слое почвы 0-20 см в трех точках ручным буром.

Таблица 1 – Схема опыта /
Table 1 – Experiment plan

№ варианта / No of the variant	1971...1975 гг.	2008...2014 гг.	2015...2018 гг.	Условное обозначение вариантов / Symbolic notation of variants
1	Контроль, без удобрений / control without fertilizers			0
2	N90	N90	N90	N
3	N90P90K90	N90P50K90	N90P50K90	NP1K
4	N90P180K90	N90P100K90	N90P50K90	NP2K
5	N90P270K90	N90P150K90	N90P50K90	NP3K
6	N90P360K90	N90P200K90	N90P50K90	NP4K

Определение pH_{KCl} проводили потенциометрически на иономере ЭВ-74 (ГОСТ 26483-85), гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), суммы поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), обменной кислотности и подвижного алюминия по А.В. Соколову¹. Учет урожая зеленой массы проводили весовым методом с учетных площадок. Определение общего азота по методу Кьельдаля в модификации Сереньева, с пересчетом на сырой протеин (коэффициент 6,25). Статистическую обработку проводили, используя дисперсионный и корреляционный анализы с помощью пакета программ AGROS – версия 2.07. Энергетическую эффективность рассчитывали по методике НИИСХ Северо-Востока².

Метеорологические условия в годы исследований различались по температурному режиму и количеству осадков.

Весенне-полевые работы в 2010 г. начались в оптимальные сроки, чему способствовала теплая и сухая погода. Посев яровой пшеницы сорта Ирень и клевера сорта Дымковский был проведен 7 мая. Предпосевной период отличался малым количеством осадков. За весь апрель выпало лишь 13% от нормы, в первую декаду мая – 29%. Основная влага в почве на момент посева была только от таяния снега. При этом температура воздуха была выше средней многолетней нормы за 1 декаду на 5,7°C. Такой характер погоды сохранился до конца месяца. ГТК в период от всходов до кущения (по пшенице) составил 0,6. Последующий период вегетации от куще-

ния до трубкования характеризовался как избыточно увлажненный с неравномерным выпадением осадков (1 декада июня 258%, 2 – 129% от нормы), ГТК этого периода – 2,5. Следующие периоды вегетации характеризовались очень жаркой (аномальной) и сухой погодой. Последние осадки выпали 19 июня. Влажность почвы 6 июля в слое почвы 0-20 см составила 6,8-8,3%. За весь июль выпало 13% осадков от нормы. Среднесуточная температура июля в последней декаде находилась в пределах 25...28°C. Влажность почвы в фазу восковой спелости пшеницы в слое 0-10 см составляла 4,6%, в слое 10-20 см – 6,6...7,0%. Период от фазы выхода в трубку до молочной спелости покровной культуры является наиболее критическим для клевера, т.к. растения имеют слабо развитую корневую систему. Осадки, выпавшие в августе - октябре, не смогли компенсировать недостаток влаги при высокой температуре в ранний период, поэтому посевы клевера к началу зимовки были изрежены.

Зимний период 2010-2011 гг. отличался холодной погодой в декабре и феврале – на 3,6...6,2°C ниже нормы. При снежном покрове (декабрь – 33, февраль – 55 см) отрицательного действия на растения такое понижение не оказало. Условия перезимовки 2011-2012 гг., 2017-2018 гг. были вполне благоприятными для растений. Глубина промерзания почвы колебалась от 20 до 60 см, при высоте снежного покрова 50 и более см, что вполне достаточно, чтобы предохранить растения от резких колебаний зимних температур. Весенняя вегетация в 2011 г. началась в 3-ей декаде апреля, что соответствовало среднемноголетним нормам, в 2012 г. – раньше обычного на 9 дней (18 апреля).

¹Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.

²Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1997. 62 с.

Весенне-летний период характеризовался теплой и влажной погодой, что позволило растениям клевера сформировать хорошую вегетативную массу, ГТК за май-август составил 2,1. В 2018 г. отрастание клевера сорта Дымковский зафиксировано 1 мая. Весенне-летний период характеризовался влажной погодой при недостатке тепла, что не позволило растениям клевера сформировать хорошую вегетативную массу к моменту цветения. Начало цветения отмечено 9...13 июля, что на 7...10 дней позже среднесезонных сроков. Гидротермический коэффициент вегетационного периода (май-август) составил 1,4.

Результаты и их обсуждение. Систематическое применение удобрений в севообороте оказало существенное влияние на агрохимические свойства почвы (табл. 2). Как показали результаты агрохимических анали-

зов почвы за 2011 г., внесение извести по полной величине гидролитической кислотности в 2009 г. обеспечило поддержание показателя pH_{KCl} в слое почвы 0-20 см на уровне от 6,05 до 6,70 (в среднем по фону 6,47). Тогда как на фоне без извести в почве наблюдали стабилизацию кислотности в пределах pH_{KCl} 3,85...3,95 (в среднем по фону 3,90), без существенной разницы по вариантам опыта. На фоне без извести гидролитическая кислотность выше (7,34 мг-экв/100 г в варианте без удобрений, в вариантах с внесением удобрений 7,54...8,85 мг-экв/100 г), чем на известкованном фоне (0,62...1,96 мг-экв/100 г). При внесении удобрений идет дополнительное подкисление почвы. Обменная кислотность под действием известкования также снизилась в среднем с 1,38 до 0,02 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (2011 г.) /

Table 2 – Agrochemical parameters of arable layer of sod-podzolic middle loamy soil (2011)

Вариант (фактор В) / Variant (factor B)	pH_{KCl}	Н обм. / H^+ exchangeable	S	H_2 / H^+ hydrolytic	Обмен. Al, мг/100 г / Exchangable Al, mg/100 g	Подвижный / Mobile	
						P_2O_5	K_2O
						мг/кг почвы / mg/kg of soil	
Фон (фактор А) – без извести / Background (factor A) – without lime application							
0	3,95	1,13	9,57	7,34	9,55	82	98
N	3,92	1,27	9,90	7,76	10,82	70	85
NP1K	3,93	1,37	9,62	7,54	11,82	105	144
NP2K	3,87	1,55	10,03	8,23	13,45	190	147
NP3K	3,85	1,51	9,66	8,58	13,09	230	150
NP4K	3,86	1,48	10,02	8,25	12,45	284	164
Среднее (А) / Average (A)	3,90	1,38	9,80	7,94	11,86	160	131
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity							
0	6,65	0,02	15,40	0,62	-	92	77
N	6,49	0,02	16,18	1,35	-	82	70
NP1K	6,05	0,02	15,44	1,96	-	180	107
NP2K	6,46	0,02	16,56	1,56	-	237	116
NP3K	6,70	0,02	15,86	1,38	-	255	110
NP4K	6,44	0,02	14,89	1,77	-	273	108
Среднее (А) / Average (A)	6,47	0,02	15,72	1,43	-	187	98
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	A = 2,10	A = 0,27 AB = 0,21 B = 0,07	A = 1,35	A = 2,00	2,33	B = 45	A = 16 B = 11

Примечание: приведена HCP₀₅, где $F_{факт.} > F_{теор.}$ / Note: LSD₀₅ is given where $F_{fact} > F_{theoretic}$

Одним из главных факторов, определяющих отрицательное действие кислых почв на растения, является наличие в них больших

количеств подвижных форм алюминия. В наших исследованиях содержание подвижного алюминия на фоне при pH 3,90 колебалось

от 9,55 до 13,45 мг/100 г почвы в слое 0-20 см. На известкованном фоне алюминий по методу А.В. Соколова не был выявлен. При длительном (более 40 лет) сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистой почвы без применения удобрений (вариант «без удобрений») и одностороннем применении N90 обеспеченность подвижными формами фосфора составила 70...82 мг/кг на кислом фоне, на известкованном – 82...92 мг/кг почвы. В почве по вариантам опыта сохранилась существенная разница по содержанию подвижного фосфора с учетом ранее внесенного: на известкованном фоне содержание подвижного фосфора составило от 180 до 273 мг/кг, на кислом фоне – от 105 до 284 мг/кг почвы.

Обеспеченность почвы подвижным калием после внесения в дозе 90 кг/га д.в. в почву составила от 144 до 164 мг/кг почвы на фоне без извести и от 107 до 116 мг/кг на известкованном фоне. Благодаря тому, что калий закрепляется в почве в доступной для растений форме, он хорошо используется растениями. Существенно ниже содержание подвижного калия в вариантах, где его не вносили (70...98 мг/кг почвы).

Применение фосфорных удобрений имеет большое значение в засушливые годы, т.к. растения берут питательные вещества не из сухих, а из влажных слоев почвы. В засушливых условиях растения плохо используют фосфаты почвы и более нуждаются в фосфоре удобрений. Фосфаты способствуют росту корневой системы и ускоряют развитие растений [18]. Условия увлажнения и температура воздуха в течение вегетационного периода оказывали влияние на формирование урожая клевера лугового сорта Дымковский. Сложившиеся погодные условия в период вегетации 2010 г., когда у растений клевера 1 года жизни еще недостаточно развита корневая система, и высокая концентрация удобрений в почве оказали отрицательное действие на его рост и развитие во всех вариантах опыта. Клевер, как и большинство бобовых трав, хорошо реагирует на известкование кислых почв. Наилучшие условия для развития бобовых трав создаются при pH 6-7. Средняя урожайность зеленой массы клевера сорта Дымковский в 2012 г. по фону «без извести» составила 17,24 т/га, по фону «известь по 1 г.к.» – 30,77 т/га (табл. 3), прибавка 13,53 т/га, или 78,4%.

Таблица 3 – Урожайность и качество клевера сорта Дымковский (2012 г.) / Table 3 – Productivity and quality of clover cultivar 'Dymkovsky' (2012)

Вариант (фактор B) / Variant (factor B)	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы (2011 г.) / content of P ₂ O ₅ , mg/kg of soil (2011)	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha	Сбор сухого вещества, т/га / Dry mass yield, t/ha	Содержание сырого протеина, % / Content of crude protein, %	Сбор сырого протеина, кг/га / Yield of crude protein, kg/ha
Фон (фактор A) – без извести / Background (factor A) – without lime application					
0	82	24,75	6,08	9,81	694
N	70	19,56	4,81	12,25	685
NP1K	105	18,75	4,61	13,56	727
NP2K	190	12,12	2,98	11,88	411
NP3K	230	11,32	2,78	12,31	398
NP4K	284	16,94	4,16	11,69	566
Среднее (A) / Average (A)		17,24	4,24	11,92	414
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity					
0	92	30,06	7,39	11,81	1014
N	82	31,25	7,68	13,00	1161
NP1K	180	31,69	7,79	15,18	1374
NP2K	237	33,00	8,11	11,56	1090
NP3K	255	30,19	7,42	12,88	1112
NP4K	273	28,44	6,99	12,00	976
Среднее (A) / Average (A)		30,77	7,56	12,74	1120
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		A = 5,43 AB = 6,56	-	-	-

Примечание: приведена HCP₀₅, где F_{факт.} > F_{теор.} / Note: LSD₀₅ is given where F_{fact} > F_{theoretic}

Как видно из данных таблицы 3, в варианте «без удобрений» на кислом фоне урожайность зеленой массы выше, чем в остальных вариантах. Клевер, по причине сильно развитой корневой системы в глубину почвенной толщи, способен использовать высокие природные запасы фосфатов, включая материнскую породу, поэтому клевер слабо отзывается на содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте и дополнительное внесение фосфорных удобрений. В связи с этим нет существенной разницы по урожайности, но отмечена тенденция к ее снижению на кислом фоне относительно варианта «без удобрений». В среднем сбор сухого вещества составил 4,24 и 7,56 т/га соответственно на фоне без извести и извести по 1 г.к.

Важным показателем качества клевера, как кормовой культуры, является содержание сырого протеина. Максимальное содержание сырого протеина в сухой массе клевера 13,56 и 15,18% отмечено в варианте NP1K с содержанием подвижного фосфора в почве 105 и 180 мг/кг на обоих фонах (табл. 3). Минимальные значения на фоне без извести в варианте без удобрений – 9,81%. При этом на произвесткованном фоне его содержание выше, чем на кислом. Сбор сырого протеина составил 414 кг на фоне «без извести» и 1120 кг на произвесткованном.

Несмотря на то, что сбор сырого протеина определяется в большей степени уровнем урожайности, максимальный сбор был отмечен в вариантах с высоким содержанием протеина.

Закономерности, характеризующие связь свойств почв с величиной урожайности сельскохозяйственных культур, являются основой для оценки плодородия почв, выявления наилучших условий возделывания культур, прогнозирования продуктивности растений. В ходе наших исследований выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и Нг) с урожайностью зеленой массы клевера $r = 0,76$ и $r = -0,79$ соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера была несущественной, объясняется данный факт тем, что клевер имеет хорошо развитую корневую систему и способен использовать питательные вещества с более глубоких почвенных горизонтов, где доступность фосфора выше [2].

Максимальная урожайность зеленой массы клевера в 2018 г. получена в варианте «без удобрений» как на кислом – 25,0 т/га, так и произвесткованном фоне – 41,8 т/га (табл. 4). Надо отметить, что такая тенденция была отмечена и в прошлые годы (2012 г.). Урожайность на произвесткованном фоне выше в среднем по вариантам на 118%, чем на кислом.

Таблица 4 – Урожайность и качество клевера сорта Дымковский (2018 г.) / Table 4 – Productivity and quality of clover cultivar 'Dymkovsky' (2018)

Вариант (фактор В) / Variant (factor B)	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы (2017 г.) / content of P_2O_5 , mg/kg of soil (2017)	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha	Сбор сухого вещества, т/га / Dry mass yield, t/ha	Содержание сырого протеина, % / Content of crude protein, %	Сбор сырого протеина, кг/га / Yield of crude protein, kg/ha
Фон (фактор А) – без извести / Background (factor A) – without lime application					
0	58	25,0	7,14	17,97	1283
N	60	9,0	2,57	16,47	423
NP1K	75	13,5	3,86	17,68	682
NP2K	108	10,5	3,00	18,40	552
NP3K	132	10,0	2,86	16,78	480
NP4K	141	9,8	2,80	17,50	490
Среднее (А) / Average (A)		13,0	3,71	17,47	652
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity					
0	68	41,8	11,94	19,25	2298
N	66	26,0	7,43	19,40	1441
NP1K	80	28,8	8,23	20,28	1669
NP2K	107	28,5	8,14	21,16	1722
NP3K	150	27,5	7,86	20,63	1622
NP4K	156	17,0	4,86	18,53	900
Среднее (А) / Average (A)		28,3	8,08	19,88	1609
НСР ₀₅ / LSD ₀₅ A = 1,2; B = 2,1; AB = 2,9			-	-	-

Примечание: приведена НСР₀₅, где $F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$ / Note: LSD₀₅ is given where $F_{\text{fact}} > F_{\text{theoretic}}$

Максимальное содержание сырого протеина в сухой массе клевера в 2018 г. – 18,40 и 21,16% отмечено в вариантах с содержанием фосфора в почве 107 и 108 мг/кг соответственно на обоих фонах (табл. 4). При этом на произвесткованном фоне содержание протеина в клевере выше, чем на кислом. Установлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (рН и Нг) с содержанием сырого протеина в сухой массе клевера $r = 0,87$ и $r = -0,86$ соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на содержание протеина в растениях была незначительной. Сбор сырого протеина составил

в среднем 652 кг на фоне без извести и 1609 кг на произвесткованном. Максимальный сбор был отмечен в варианте «без удобрений» (1283 и 2298 кг соответственно по фонам), т.к. сбор сырого протеина определяется в большей степени уровнем урожайности.

Анализ энергетической эффективности возделывания клевера (при применении удобрений под покровную культуру) на дерново-подзолистой почве показал, что наибольший коэффициент энергетической эффективности получен на произвесткованной почве как в 2012 г. (27,6...29,0), так и в 2018 г. (26,8...31,0) (табл. 5).

Таблица 5 – Энергетическая эффективность возделывания клевера лугового сорта Дымковский (2012, 2018 гг.) /

Table 5 – Energy effectiveness of cultivation of meadow clover cultivar 'Dymkovsky' (2012, 2018)

<i>Вариант / Variant</i>	<i>Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha</i>	<i>Затраты энергии, ГДж / Energy cost, GJ</i>	<i>Содержание обменной энергии в урожае, ГДж / Content of exchangeable energy in yield, GJ</i>	<i>Коэффициент энерг. эффект. / Coefficient of energetic effectiveness</i>
2012 г.				
Без извести / Without lime application				
0	24,75	9,5	250,0	26,3
N	19,56	8,2	197,6	23,9
NP1K	18,75	8,0	189,4	23,5
NP2K	12,12	6,4	122,4	19,0
NP3K	11,32	6,2	114,3	18,3
NP4K	16,94	7,6	171,1	22,5
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity				
0	30,06	10,8	303,6	28,1
N	31,25	11,1	315,6	28,5
NP1K	31,69	11,2	320,0	28,6
NP2K	33,00	11,5	333,3	29,0
NP3K	30,19	10,8	304,9	28,2
NP4K	28,44	10,4	287,2	27,6
2018 г.				
Без извести / Without lime application				
0	25,0	9,5	252,5	26,4
N	9,0	5,7	90,9	16,0
NP1K	13,5	6,8	136,4	20,1
NP2K	10,5	6,1	106,1	17,5
NP3K	10,0	5,9	101,0	17,0
NP4K	9,8	5,9	98,9	16,8
Известь по 1 г.к. / Liming according to 1 hydrolytic acidity				
0	41,8	13,6	422,2	31,0
N	26,0	9,8	262,6	26,8
NP1K	28,8	10,5	290,9	27,7
NP2K	28,5	10,4	287,8	27,6
NP3K	27,5	10,2	277,8	27,3
NP4K	17,0	7,6	171,7	22,5

Выводы. Внесение извести по полной величине гидролитической кислотности в 2009 г. обеспечило поддержание показателя pH_{KCl} в слое почвы 0-20 см в 2011 г. на уровне от 6,05 до 6,70, в среднем по фону 6,47. Тогда как на фоне без извести в почве наблюдается стабилизация кислотности в пределах pH_{KCl} 3,85...3,95 (в среднем по фону 3,90), без существенной разницы по вариантам опыта.

Увеличение урожайности клевера лугового сорта Дымковский за счет известкования зависело от условий года и составило в среднем в 2012 г. 78,4%, или 13,53 т/га, в 2018 г. – 118%, или 15,3 т/га, при содержании подвижного фосфора в почве 100...200 мг/кг.

Выявлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (pH и Hg) с урожайностью зеленой массы клевера $r = 0,76$ и $r = -0,79$ соответственно. Доля влияния содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера была несущественной.

Установлены достоверные корреляционные связи степени кислотности почвы (pH и Hg) с содержанием сырого протеина в сухой массе клевера $r = 0,87$ и $r = -0,86$ соответственно.

Наибольший коэффициент энергетической эффективности при возделывании клевера сорта Дымковский получен на произвесткованной почве: в 2012 г. – 27,6...29,0, в 2018 г. – 26,8...31,0.

Список литературы

1. Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., 1976, 288 с.
2. Калинин А. И. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров, 2004. 220 с.
3. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. Земледелие. 2016;(8):16-18. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
4. Лыскова И. В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(6(61)):35-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375869>
5. Лыскова И. В., Рылова О. Н., Веселкова Н. А., Лыскова Т. В. Влияние удобрений и извести на агрохимические показатели и фосфатный режим дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(2(45)):27-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113615>
6. Edmeades D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 2003;66:165-180. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023999816690>
7. Абашев В. Д., Светлакова Е. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зерно-травяного севооборота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(2(45)):37-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113617>
8. Пасынков А. В., Светлакова Е. В., Котельникова Н. В., Абашев В. Д., Пасынкова Е. Н., Садакова Г. Г., Баландина С. А., Дуняшева Г. И., Рублева Н. В., Татарина М. С. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность севооборота и качество зерна. Агрехимия. 2016;(10):38-47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
9. Мингалев С. К., Лаптев В. Р. Влияние многолетних бобовых трав и способов их использования на урожайность культур севооборота. Аграрный вестник Урала. 2013;(6):4-5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20264777>
10. Постников П. А., Попова В. В. Продуктивность клевера в полевых севооборотах. Пермский аграрный вестник. 2014;(2(6)):29-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21616939>
11. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистой почве Верхневолжья. Земледелие. 2016;(1):14-16. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-biologizirovannyh-sevooborotov-v-izmenenii-soderzhaniya-gumusa-v-derново-podzolistyh-pochvah-verhnevolzhya>
12. Семешкина П. С., Мазуров В. Н., Бурлуцкий В. А., Стятюгина Н. М. Продуктивность севооборотов в зависимости от системы внесения минеральных удобрений. Вестник ОрелГАУ. 2017;(4(67)):57-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29866388>
13. Steiner J. J., Alderman S. C. Red clover seed production: VI. Effect and economics of soil pH adjusted by lime application. Crop Science. 2003;43(2):624-630. URL: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/43/2/624>
14. Онучина О. Л., Корнева И. А. Устойчивость сортов клевера лугового к стрессовым факторам кислой дерново-подзолистой почвы. Сельское хозяйство. 2018;(2):1-8. DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.2.28120>
15. Камнева О. П. О комплексном использовании извести и минеральных удобрений при выращивании клевера лугового. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016;(4(48)):105-111. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28290163>

16. Кирпичников Н. А., Бижан С. П. Эффективность известковых и фосфорных удобрений при выращивании клевера лугового (*Trifolium pretense* L.) на дерново-подзолистой суглинистой почве (по данным длительных полевых опытов). Проблемы агрохимии и экологии. 2018;(2):13-17. Режим доступа: <https://elibra-ry.ru/item.asp?id=35216094>
17. Лапа В. В., Ивахненко Н. Н., Ломонос М. М., Шумак С. М., Бачище А. А., Грачева А. А. Продуктивность и качество клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве. Почвоведение и агрохимия. 2011;(2(47)):78-87. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35557523>
18. Соколов А. В. Агрохимия фосфора. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. 152 с.

References

1. Tyulin V. V. *Pochvy Kirovskoy oblasti*. [Soils of the Kirov region]. Kirov: *Volgo-Vyatskoe kn. izd-vo, Kirovskoe otd.*, 1976, 288 p.
2. Kalinin A. I. *Agrokhimicheskie svoystva dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' rasteniy*. [Agrochemical properties of sod-podzolic soils and plant productivity]. Kirov, 2004. 220 p.
3. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pakhotnykh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of the Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pakhotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
4. Lyskova I. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy, urozhaynost' i kachestvo zernovykh kul'tur*. [Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(6(61)):35-40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375869>
5. Lyskova I. V., Rylova O. N., Veselkova N. A., Lyskova T. V. *Vliyanie udobreniy i izvesti na agrokhimicheskie pokazateli i fosfatnyy rezhim dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochvy*. [Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(2(45)):27-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113615>
6. Edmeades D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2003;66:165-180. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023999816690>
7. Abashev V. D., Svetlakova E. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' kul'tur zernotravyanogo sevooborota*. [Influence of mineral fertilizers on crop productivity of grain-grass crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(2(45)):37-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23113617>
8. Pasyukov A. V., Svetlakova E. V., Kotelnikova N. V., Abashev V. D., Pasyukova E. N., Sadakova G. G., Balandina S. A., Donyasheva G. I., Rubleva N. V., Tatarinova M. S. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy, produktivnost' sevooborota i kachestvo zerna*. [Influence of prolonged use of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soil, efficiency of a crop rotation and grain quality]. *Agrokhimiya*. 2016;(10):38-47. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
9. Mingalev S. K., Laptev V. R. *Vliyanie mnogoletnykh bobovykh trav i sposobov ikh ispol'zovaniya na urozhaynost' kul'tur sevooborota*. [Influence of long-term legumes and ways of their use on crop productivity in a crop rotation]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2013;(6):4-5. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20264777>
10. Postnikov P. A., Popova V. V. *Produktivnost' klevera v polevykh sevooborotakh*. [Clover productivity in field crop rotations]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2014;(2(6)):29-34. (In Russ.). URL: <https://elibra-ry.ru/item.asp?id=21616939>
11. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. *Rol' biologizirovannykh sevooborotov v izmenenii sodержaniya gumusa v dernovo-podzolistoy pochve Verkhnevolzh'ya*. [Role of biologizational crop rotations in change of humus content in sod-podzolic soil of the Upper Volga]. *Zemledelie*. 2016;(1):14-16. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-biologizirovannykh-sevooborotov-v-izmenenii-soderzhaniya-gumusa-v-dernovo-podzolistykh-pochvah-verhnevolzhya>
12. Semeshkina P. S., Mazurov V. N., Burlutskiy V. A., Styatyugina N. M. *Produktivnost' sevooborotov v zavisimosti ot sistemy vnoseniya mineral'nykh udobreniy*. [Productivity of crop rotations depending on the system of mineral fertilizers application]. *Vestnik OrelGAU*. 2017;(4(67)):57-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29866388>
13. Steiner J. J., Alderman S. C. Red clover seed production: VI. Effect and economics of soil pH adjusted by lime application. *Crop Science*. 2003;43(2):624-630. URL: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/43/2/624>
14. Onuchina O. L., Korneva I. A. *Ustoychivost' sortov klevera lugovogo k stressovym faktoram kisloy dernovo-podzolistoy pochvy*. [Resistance of meadow clover cultivars to stressful factors of the acid sod-podzolic soil]. *Sel'skoe khozyaystvo = Agriculture*. 2018;(2):1-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.2.28120>

15. Kamneva O. P. *O kompleksnom ispol'zovanii izvesti i mineral'nykh udobreniy pri vyrashchivanii klevera lugovogo*. [Modern high technologies. Regional supplement]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie* = Modern High Technologies. Regional Application. 2016;(4(48)):105-111. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28290163>

16. Kirpichnikov N. A., Bizhan S. P. *Effektivnost' izvestkovykh i fosfornykh udobreniy pri vyrashchivanii klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) na dernovo-podzolistoy suglinistoy pochve (po dannym dlitel'nykh polevykh opytov)*. [Efficiency of limy and phosphoric fertilizers at cultivation of a meadow clover (*Trifolium pratense* L.) on the sod-podzolic loamy soil (according to long field experiments)]. *Problemy agrokhimii i ekologii* = Problemy agrokhimii i ekologii. 2018; (2):13-17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35216094>

17. Lapa V. V., Ivakhnenko N. N., Lomonos M. M., Shumak S. M., Bachishche A. A., Gracheva A. A. *Produktivnost' i kachestvo klevera lugovogo pri vozdeleyanii na dernovo-podzolistoy supeschanoy pochve*. [Productivity and quality of meadow clover at cultivation on sod-podzolic sandy soil]. *Pochvovedenie i agrokimiya*. 2011;(2(47)):78-87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35557523>

18. Sokolov A. V. *Agrokimiya fosfora*. [Phosphorus agrochemistry]. Moscow: *Izd-vo Akademii nauk SSSR*, 1950. 152 p.

Сведения об авторах:

✉ **Лыскова Ирина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>**, e-mail: fss.nauka@mail.ru,

Лыскова Татьяна Владимировна, младший научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9580-0021>**, e-mail: fss.nauka@mail.ru,

Попов Фёдор Александрович, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9801-3453>**, e-mail: zemlede_l_niish@mail.ru.

Information about the authors

✉ **Irina V. Lyskova**, PhD in Agriculture, senior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>**, e-mail: fss.nauka@mail.ru,

Tatiana V. Lyskova, junior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9580-0021>**, e-mail: fss.nauka@mail.ru,

Fedor A. Popov, PhD in Agriculture, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9801-3453>**, e-mail: zemlede_l_niish@mail.ru.

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386>
УДК 631.8+631.81.095.337



Комплексное использование средств химизации в посевах костреца и люцерны

© 2019. Л. Н. Прокина ✉

Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Саранск, Российская Федерация

В статье обобщены результаты исследований (2016-2018 гг.), проведенных в полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном. Изучали влияние макро- и микроудобрений отдельно и совместно на фоне известкования почвы (по 0,5 и 1,0 г.к.) на урожайность костреца безостого и люцерны изменчивой в условиях Республики Мордовия. Микроудобрения представлены жидким минеральным удобрением Форсаж (микро). Анализ продуктивности многолетних трав свидетельствует, что по сбору сухого вещества в вариантах без применения средств химизации бобовая культура (5,52 т/га) имела преимущество перед кострецом (2,99 т/га, или 54,2%). Использование средств химизации в посевах люцерны увеличивало сбор с единицы площади на 0,86-2,24 т/га, в посевах злаковой травы – на 0,56-4,83 т/га. Отмечена положительная роль применения Форсажа (микро), которая выражалась прибавкой у люцерны 0,10 т/га (НСР₀₅ 0,5 т/га), а у костреца 0,07 т/га (НСР₀₅ 0,07 т/га) по сравнению с фоном без обработки микроэлементами (6,89 и 5,60 т/га соответственно). Экономический анализ показал наибольшую рентабельность при возделывании люцерны в вариантах с внесением полного минерального удобрения с дозой азота 50 кг д.в. /га, костреца – в вариантах с внесением полного минерального удобрения с дозой азота 80 кг д.в. /га (соответственно 113 и 107%; 88 и 85% без применения препарата Форсаж и с его использованием). Рекомендуемые дозы минеральных удобрений под многолетние травы целесообразно вносить с обработкой посевов жидким минеральным удобрением.

Ключевые слова: известкование, минеральные удобрения, жидкое минеральное удобрение Форсаж (микро), продуктивность, экономическая эффективность

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № 0763-2018-0063).

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Прокина Л. Н. Комплексное использование средств химизации в посевах костреца и люцерны. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):378-386. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386>

Поступила: 09.04.2019 Принята к публикации: 27.06.2019 Опубликовано онлайн: 30.08.2019

Integrated use of chemicals in smooth brome and alfalfa sowings

© 2019. Lyudmila N. Prokina ✉

Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Centre of the North-East named N.V. Rudnitsky, Saransk, Russian Federation

The article summarizes the results of research conducted in the long-term field trial on black leached soil in 2016-2018. The study dealt with the effect of macro - and microfertilizers applied separately and jointly on the background of soil liming (0.5 and 1.0 h.a.) on the yield of smooth brome and alfalfa changeable in the Republic of Mordovia. Microfertilizers were presented by liquid fertilizer Forsazh (micro). Analysis of perennial grasses productivity showed that in variants without the use of chemicals legume crops (5.52 t/ha) had an advantage over the smooth brome (2.99 t/ha or 54.2%) in dry matter yield. The use of chemicals in alfalfa sowings raised the yield per area unit by 0.86-2.24 t/ha, in cereal grasses – by 0.56-4.83 t/ha. There was observed a positive role of Forsazh (micro) use, which was demonstrated by 0.10 t/ha increase in alfalfa (LSD₀₅ 0.05 t/ha), and 0.07 t/ha increase in smooth brome (LSD₀₅ 0.07 t/ha) as compared with the background without use of microelements (6.89 and 5.60 t/ha, respectively). The economic analysis showed the highest profitability when cultivating alfalfa in variants with application of complete fertilizer with a dose of nitrogen 50 kg active ingredient/hectare (a.i./ha), smooth brome in variants with application of complete fertilizer with a dose of nitrogen 80 kg a.i./ha (113% and 107%; 88% and 85% without the use of Forsazh and using it, respectively). Recommended doses of mineral fertilizers for perennial grasses should be applied using treatment of crops with liquid mineral fertilizer.

Key words: liming, mineral fertilizers, liquid mineral fertilizer, Forsazh (micro), productivity, economic efficiency

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme № 0763-2018-0063).

Conflict of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

For citation: Prokina L. N. Integrated use of chemicals in smooth brome and alfalfa sowings. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 378-386. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.378-386>

Received: 09.04.2019 Accepted for publication: 27.06.2019 Published online: 30.08.2019

Включение многолетних трав в севооборот является не только эффективным средством повышения продуктивности пашни и сохранения ее плодородия, но и основой для кормовой базы животноводческой отрасли, где им принадлежит значительная роль как в одновидовых посевах, так и в травосмесях. Они дают дешевые и разнообразные корма. Наиболее распространенными среди многолетних бобовых трав являются люцерна, клевер; злаковых – костреч безостый [1, 2, 3]. Так, на серой лесной почве внесение минеральных удобрений в дозе N48P48K48 на посевах люцерны способствовало увеличению урожайности зеленой массы в среднем за два года на 8,4 т/га по сравнению с контролем (21,4 т/га) [4], а на дерново-подзолистой почве юго-запада Центрального региона РФ одновидовой посев люцерны на фоне фосфорно-калийного удобрения (Р60К120) по уровню урожайности превосходил одновидовые посевы костреча и тимофеевки луговой соответственно на 44,7 и 45,8% [5].

В условиях интенсивной химизации сельскохозяйственного производства рост урожая сопровождается увеличением выноса всех элементов питания, в том числе и микроэлементов, что повышает потребность в их применении. Микроэлементы входят в состав ферментов, регулирующих процессы азотного обмена растений, а также повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Особенно высока роль микроэлементов в активизации деятельности симбиоза бобовых трав и клубеньковых бактерий. Они являются приоритетными элементами-биофилами, необходимость которых для живых организмов доказана многочисленными исследованиями [6].

Тема микроудобрений довольно актуальна, на смену одних форм микроудобрений приходят другие более высокотехнологичные. Универсальность последних заключается в том, что их можно вносить в почву, на поверхность почвы, обрабатывать семена и растения. Они способствуют мобилизации ростовых процессов и повышению продуктивности [7]. Так, при недостатке молибдена в почве ухудшается рост трав, особенно люцерны и клевера. Наименьшее его количество наблюдается на кислых почвах. Известкование кислых почв снижает

количество доступного для трав бора. При медном голодании у злаковых трав подсыхают верхушки молодых побегов [8]. Комплексное использование минеральных, органических и микроудобрений способствует повышению урожайности, улучшению качества и экологической безопасности бобовых трав¹. На черноземах выщелоченных применение микроудобрений (Mo, B) на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений с обязательной инокуляцией семян козлятника активными штаммами клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* обеспечивают среднегодовую продуктивность культуры на уровне 7,79-7,91 т/га сухого вещества и 1756-1787 кг/га сырого протеина [9].

При возделывании лядвенца рогатого на черноземе выщелоченном среднемощном использование борно-молибденовых удобрений на фоне Р90К60 способствовало формированию и получению 0,39 т/га семян (прибавка к контролю составила 0,11 т/га) [10]. В исследованиях, проведенных на черноземе выщелоченном, применение хелатных соединений микроэлементов (ЖУСС-2) и минеральных удобрений совместно и отдельно на фоне известкования почвы по 0,5 и 1,0 г.к. на многолетних травах в полевом севообороте способствовало повышению продуктивности трав от 0,9 до 2,24 т/га [11].

В условиях Мордовии изучение эффективности жидких минеральных удобрений отдельно и в сочетании с минеральными удобрениями на продуктивность многолетних трав не проводилось. В этой связи есть необходимость изучения данного вопроса более детально на черноземах выщелоченных в условиях неустойчивого увлажнения юга лесостепи Нечерноземья.

Цель исследований – изучить влияние комплексного использования средств химизации в посевах костреча безостого (*Bromus inermis* LEYSS.) и люцерны изменчивой (*Medicago L.*) на черноземе выщелоченном.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле Мордовского НИИ сельского хозяйства в 2016-2018 гг. на базе длительного стационарного полевого опыта, заложенного в 1972-1973 гг. последовательно в двух полях по методике Б.А. Доспехова².

¹Волошин Е. И., Аветисян А. Т. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет): методические рекомендации [Электронный ресурс]. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2017. 31 с. Режим доступа: <https://docplayer.ru/67231668-Rukovodstvo-po-udobreniyu-mnogoletnih-bobovyh-trav-lyucerna-klever-donnik-esparcet.html> (дата обращения: 25.06.2019)

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

Объектом исследований были многолетние травы, представленные кострцом и люцерной 2-4 гг. жизни.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя (данные на 2013 г.): содержание гумуса (по Тюрину) 7,88-8,52%, общего азота (по Кьельдалю) – 0,48-0,56%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 94-240 мг/кг почвы и 153-204 мг/кг соответственно, подвижных соединений молибдена – 0,23 мг/кг, меди – 5,2 мг/кг. Гидролитическая кислотность (по Каппену) – 7,2-11,1 мг-экв/100 г почвы, $pH_{ксл}$ (потенциометрически) – 4,51-5,3.

На делянках первого порядка изучали последствие известкования (фактор А): 1 – без известкования с 1972 г. (контроль). 2 – $CaCO_3$ по 0,5 гидролитической кислотности (г.к.). 3 – $CaCO_3$ по 1,0 г.к.

На делянках второго порядка рассматривали влияние микроудобрения (фактор В): 1 – без микроудобрения. 2 – микроудобрение в форме жидкого минерального удобрения Форсаж (микро).

В блоке третьего порядка изучали действие различных уровней минерального питания (фактор С): 1 – без удобрений с 1972 г. (контроль). 2 – фосфорно-калийные удобрения (P40K40 – фон). 3 – РК + N_1 – низкий уровень азотного питания. 4 – РК + N_2 – умеренный уровень азотного питания. 5 – РК + N_3 – повышенный уровень азотного питания. Дозы азотного удобрения (кг д.в.) под люцерну составляли N_1 – 40, N_2 – 50, N_3 – 60, под кострец N_1 – 40, N_2 – 60, N_3 – 80.

Расположение вариантов в опыте рендомизированное, наложение факторов методом расщепленных делянок, повторность трехкратная. Общая площадь делянок первого порядка 4 252,5 м² (21×202,5 м), второго – 2126,25 м² (10,5×202,5 м), третьего – 157,5 м² (21×7,5 м). Учетная площадь делянки – 22,5 м² (3×7,5 м).

Известкование проводили перед закладкой опыта осенью 1989-1990 гг. и осенью 1999-2000 гг. В качестве известкового удобрения использовали известняковую муку ГУП Атемарского завода стройматериалов. Анализ известкового материала проведены ГЦАС «Мордов-

ский» в соответствии с ГОСТ Р 50691-92. Дозы известковых удобрений рассчитывали по гидролитической кислотности: 0,5 г.к. – 5 т/га, 1,0 г.к. – 10 т/га извести.

Фосфорно-калийные удобрения в форме двойного суперфосфата и хлористого калия под травы вносили вручную под основную обработку почвы в запас на 3 года пользования. Азотные удобрения в форме аммиачной селитры по вариантам опыта вносили ежегодно весной перед боронованием. Жидкое минеральное удобрение Форсаж (микро)³ (1 л/га) применяли (с 2016 г.) путем опрыскивания посевов в фазу кущения кострца и ветвления люцерны. Расход рабочего раствора 250-300 л/га (посевы в вариантах без применения микроудобрения обрабатывали водой). Данный препарат, кроме азота (7%), фосфора (0,55%) и калия (3,6%), содержит большой спектр микроэлементов (сера – 15,0%, магний – 2,4%, цинк – 3,4%, медь – 3,8%, железо – 0,55%, марганец 0,4%, молибден – 0,68%, бор – 0,58%) и аминокислоты L-формы (15,0%). Изготовитель – ООО «Союз Хим КО», ТУ 2189-009-84551337-2015.

Учет урожая проводили путем скашивания вручную на учетных площадках с последующим взвешиванием зеленой массы. Агротехника в опыте – рекомендованная для условий Мордовии [12], кроме изучаемых факторов. В опытах высевались семена районированных сортов: кострца безостого Пензенский 1, люцерны изменчивой Находка. Беспорядочный посев многолетних трав был проведен в июле сеялкой СЗТ-3.6 с последующим прикатыванием. Нормы посева люцерны – 15 кг/га, кострца – 25 кг/га. Посевы от сорной растительности обрабатывали препаратом Базагран (2,0 л/га) с помощью агрегата МТЗ-80 + ОП-2000, расход рабочей жидкости 300 л/га. Первый укос проводили в межфазный период бутонизация - начало цветения люцерны и в период выметывание - начало цветения кострца; второй укос – по мере формирования укосной массы. Лабораторные исследования, наблюдения и анализы проводили в соответствии с принятыми методиками^{4, 5}. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа⁶.

³Каталог продукции агрохимической компании Союзхим. URL: https://soyuzhim.ru/production/zhomu/katalog_4.html

⁴Панников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 2. Программа и методы исследования почв. М.: ВИУА, 1983. 172 с.

⁵Минеев В. Г. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 3. Анализ растений. М.: ВИУА, 1985. 131 с.

⁶Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму, так и по увлажнению. Начало отрастания трав (последние декады апреля и первые две мая) проходило с недобором влаги. Осадков выпало 58% от среднееголетнего значения (46 мм), но среднесуточная температура воздуха за этот же промежуток времени превышала норму на 1,6°C. Во время формирования второго укоса в середине июля и первой декаде августа выпало по 1 мм осадков (при среднееголетнем значении 19 мм), но температура воздуха была выше нормы на 3,7 градуса. ГТК составлял за период вегетации – 0,73, до первого укоса – 0,88, до второго укоса – 0,61. Количество выпавших осадков составило 68% (среднееголетнее 242 мм). Сумма эффективных температур (выше 10°C) равнялась 2 417°C (среднееголетнее 2 014°C).

Сельскохозяйственный 2017 год характеризовался ранней, прохладной затяжной весной, умеренно теплым и дождливым периодом июнь-июль. До первого укоса осадков выпало 63 мм (климатическая норма 75 мм). Во второй декаде мая наблюдали подмерзание верхушек люцерны. Среднесуточная температура воздуха была на 3,7°C ниже климатической нормы, ГТК составил 0,87. Формирование второго укоса проходило при сильном увлажнении 153 мм и температуре воздуха 18,2°C, что соответствовало климатической норме. В целом за период вегетации средняя температура воздуха составила 15,5°C, что на 0,9°C ниже климатической нормы. Гидротермический коэффициент, равный 1,13, свидетельствовал о достаточном увлажнении для нормального развития и роста изучаемых многолетних трав. Сумма эффективных температур составила 1978°C, что на 96°C ниже нормы.

Вегетационный период 2018 года характеризовался относительно засушливыми погодными условиями, но типичными для данной зоны. До первого укоса выпало 68 мм осадков, или 76% от нормы. Температурный режим в первой и второй декадах мая превышал среднееголетнюю норму в среднем на 30%, а в целом за период до первого укоса был на 1,0°C ниже климатической нормы (14,6°C). В третьей декаде (второй период вегетации многолетних трав) температура превысила норму на 4,3°C. По осадкам только первые 10 дней приближались к многолетней норме, в остальные дни осадков было на 40 мм ниже средних показателей. Июль по температуре существенно

превышал среднееголетнюю норму, осадков в этом месяце выпало на 36 мм меньше, что обусловило засушливые условия. Для августа, также как и для июля, были характерны жаркая погода и дефицит влаги (ГТК = 0,03). Гидротермический коэффициент за весь период вегетации составил 0,45 (среднееголетнее значение – 1,09), что не могло способствовать нормальному развитию многолетних трав.

Исследованиями установлено, что не все изучаемые факторы оказали достоверное влияние на величину продуктивности многолетних трав. За годы исследований в вариантах естественного плодородия люцерны обеспечивала продуктивность 5,52 т/га сухого вещества (табл. 1).

В среднем по опыту существенные прибавки сбора сухого вещества люцерны получены как при использовании фосфорно-калийных удобрений – 0,86, так и полного минерального удобрения 2,03 т/га (контроль 5,55 т/га). Увеличение дозы азота до N60 в составе полного минерального удобрения не способствовало достоверному росту продуктивности культуры по сравнению с вариантом N50P40K40. При обработке посевов препаратом Форсаж (микро) дополнительно получено 0,10 т сена с 1 га. Известкование почвы по 0,5 и 1,0 г.к. по сравнению с фоном без известкования (6,88 т/га) обеспечивало достоверный рост продуктивности люцерны (прирост 0,08 и 0,09 т/га соответственно). Наибольшая продуктивность люцерны (7,94 и 7,89 т/га) зафиксирована на произвесткованной почве по 0,5 и 1,0 г.к. с применением полного минерального удобрения с дозой азота 50 кг д.в./га и обработкой посевов жидким минеральным удобрением Форсаж (микро). Кострец безостый в вариантах с длительным использованием чернозема выщелоченного без применения агрохимических средств обеспечивал продуктивность – 2,99 т/га сухого вещества (табл. 2).

В вариантах с внесением разных доз минеральных удобрений продуктивность культуры повышалась на 0,57-4,84 т/га. Применение жидкого минерального удобрения Форсаж увеличивало продуктивность костреца на 0,07 т/га. Более эффективным его действие было на фоне известкования по 0,5 г.к. (прибавка 0,10 т/га по сравнению с вариантами без обработки препаратом Форсаж 5,66 т/га). Максимальный сбор сухого вещества у костреца (8,01 и 8,02 т/га) наблюдали в вариантах с полным минеральным удобрением с дозой азота 80 кг д.в./га на фоне известкования почвы с обработкой посевов и без нее.

Таблица 1 – Влияние известкования, микро- и макроудобрений на продуктивность люцерны изменчивой (в среднем за 2016-2018 гг.), т/га сухого вещества /

Table 1 – Influence of liming, micro-and macrofertilizers on productivity of alfalfa (on average 2016-2018), t/ha of dry matter

Вариант/ Option		Без известкования (фактор А) / Without liming (factor A)	Известкование (фактор А) / Liming (factor A)		Среднее по фактору / Average factor	
микроудобрение (фактор В) / microfertilizer (factor B)	макроудобрение (фактор С) / macrofertilizer (factor C)		по 0,5 г.к. / 0.5 h.a.	по 1,0 г.к. / 1.0 h.a.	С	В
Без микроудобрений / Without micronutrients	1. Без удобрений / Without fertilizers	5,52	5,51	5,51	5,55	6,91
	2. P40K40	6,29	6,37	6,42	6,41	
	3. N40P40K40	7,14	7,20	7,37	7,26	
	4. N50P40K40	7,58	7,78	7,79	7,79	
	5. N60P40K40	7,52	7,66	7,68	7,69	
Форсаж (микро) / Forsash (micro)	1. Без удобрений / Without fertilizers	5,62	5,58	5,56	-	7,01
	2. P40K40	6,44	6,47	6,45	-	
	3. N40P40K40	7,26	7,30	7,28	-	
	4. N50P40K40	7,74	7,94	7,89	-	
	5. N60P40K40	7,68	7,83	7,76	-	
Среднее по фактору А / Average factor А		6,94	6,98	6,97	-	

HCP₀₅ ч.р. / LSD₀₅ ch.r. 0,13; HCP₀₅(A) / LSD₀₅(A) 0,04; HCP₀₅(B) / LSD₀₅(B) 0,05;
HCP₀₅(C) / LSD₀₅(C) 0,15

Таблица 2 – Влияние известкования, микро- и макроудобрений на продуктивность кострца безостого (в среднем за 2016-2018 гг.), т/га сухого вещества /

Table 2 – Influence of liming, micro-and macrofertilizers on the productivity of smooth brome (on average 2016-2018), t/ha of dry matter

Вариант / Option		Без известкования (фактор А) / Without liming (factor A)	Известкование (фактор А) / Liming (factor A)		Среднее по фактору / Average factor	
микроудобрение (фактор В) / microfertilizer (factor B)	макроудобрение (фактор С) / macrofertilizer (factor C)		по 0,5 г.к. / 0.5 h.a.	по 1,0 г.к. / 1.0 h.a.	С	В
Без микроудобрений / Without micronutrients	1. Без удобрений / Without fertilizers	2,99	3,00	2,96	3,00	5,60
	2. P40K40	3,50	3,59	3,54	3,57	
	3. N40P40K40	5,90	6,40	6,67	6,41	
	4. N60P40K40	7,00	7,42	7,46	7,34	
	5. N80P40K40	7,55	7,90	8,02	7,84	
Форсаж (микро) / Forsash (micro)	1. Без удобрений / Without fertilizers	3,01	3,02	3,00		5,67
	2. P40K40	3,60	3,61	3,59		
	3. N40P40K40	6,06	6,63	6,81		
	4. N60P40K40	7,04	7,55	7,59		
	5. N80P40K40	7,57	8,01	8,02		
Среднее по фактору А / Average factor А		5,42	5,71	5,77		

HCP_{ч.р.} / LSD_{ch.r.} 0,22; HCP₀₅ / LSD₀₅ (Форсаж/Forsash) 0,06; HCP₀₅ / LSD₀₅ (удобрения / fertilizers) 0,18

Окупаемость полного минерального удобрения была выше в посевах кострца (29,8 кг сена на 1 кг д.в. удобрений против 15,6 кг сена у люцерны). В среднем по опыту в посевах кострца с увеличением дозы минерального азота с 40 до 80 кг в составе пол-

ного минерального удобрения окупаемость 1 кг д.в. азота изменялась с 71,0 до 53,4 кг сена. В посевах люцерны более высокая окупаемость 1 кг д.в. удобрений (17,2 кг сена) получена в варианте N50P40K40.

Исследованиями установлено, что в среднем по опыту при возделывании люцерны величина условно чистого дохода составила 16398 руб./га с рентабельностью 109% (табл. 3), наибольший условно чистый доход в посевах люцерны получен в вариантах с внесением полного минерального удобрения (17768 руб./га) и

рентабельностью 105%. При возделывании люцерны известкование почвы по 0,5 и 1,0 г.к. незначительно повышало (на 66-86 руб.) условно чистый доход по сравнению с фоном без известкования (16308 руб./га). Применение Форсажа не способствовало увеличению получаемой прибыли.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания люцерны изменчивой в зависимости от известкования, макро-и микроудобрений (в среднем за 2016-2018 гг.) /

Table 3 – Economic efficiency of alfalfa cultivation depending on liming, macro-and microfertilizers (on average 2016-2018)

<i>Макроудобрение/ Macrofertilizer</i>	<i>Микро- удобрение / Micro- fertilizer</i>	<i>Продуктив- ность, корм. ед. т/га / Productivity, fodder unit t/ha</i>	<i>Стоимость продукции, руб./га / Cost of produc- tion, rub/ha</i>	<i>Затраты, руб./га / Costs, rub/ha</i>	<i>Условно чистый доход, руб./га / Conditionally net income, rub/ha</i>	<i>Рента- бель- ность, % / Profitabil- ity, %</i>
Без известкования/ Without liming						
Без удобрений / Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	3,59	25130	10587	14543	137
P40K40		4,09	28630	13854	14776	107
N40P40K40		4,64	32480	15822	16658	105
N50P40K40		4,93	34510	16359	18151	111
N60P40K40		4,89	34230	16801	17429	104
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж/ Forsash (micro)	3,65	25550	11202	14348	128
P40K40		4,19	29330	14478	14852	103
N40P40K40		4,72	33040	16442	16598	101
N50P40K40		5,03	35210	16983	18227	107
N60P40K40		4,99	34930	17425	17505	100
Известкование по 0,5 г.к. / Liming 0.5 h.a.						
Без удобрений/ Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	3,58	25060	10660	14400	135
P40K40		4,14	28980	13941	15039	108
N40P40K40		4,68	32760	15907	16853	106
N50P40K40		5,06	35420	16466	18954	115
N60P40K40		4,98	34860	16897	17963	106
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж / Forsash (micro)	3,63	25410	11722	13688	117
P40K40		4,20	29400	15005	14395	96
N40P40K40		4,74	33180	16972	16208	95
N50P40K40		5,16	36120	17540	18580	106
N60P40K40		5,09	35630	17974	17656	98
Известкование по 1,0 г.к./ Liming 1.0 h.a.						
Без удобрений/ Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	3,58	25060	10885	14175	130
P40K40		4,17	29190	14173	15017	106
N40P40K40		4,79	33530	16159	17371	108
N50P40K40		5,06	35420	16691	18729	112
N60P40K40		4,99	34930	17125	17805	104
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж / Forsash (micro)	3,61	25270	11492	13778	120
P40K40		4,19	29330	14778	14552	98
N40P40K40		4,73	33110	16744	16366	98
N50P40K40		5,13	35910	17308	18602	107
N60P40K40		5,04	35280	17737	17543	99

За три года пользования травостоем костреца величина условно чистого дохода составила 7236 руб./га при рентабельности 47% (табл. 4). Внесение под кострец полного минерального удобрения повышало величину условно чистого дохода в среднем по опыту

более чем в 13 раз (контроль 815 руб./га) и уровень рентабельности с 9 до 86%. Наибольший условно чистый доход получен в варианте с полным минеральным удобрением с дозой азота 80 кг д.в./га (14800 руб./га, рентабельность 89%) на фоне известкования по 1,0 г.к.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания костреца безостого в зависимости от известкования, макро- и микроудобрений (в среднем за 2016-2018 гг.) / Table 4 – Economic efficiency of alfalfa cultivation depending on liming, macro-and microfertilizers (on average 2016-2018)

Макроудобрение/ Macrofertilizer	Микро- удобрение / Micro- fertilizer	Продуктив- ность, корм. ед. т/га / Productivity, fodder unit t/ha	Стоимость продукции, руб./га / Cost of produc- tion, rub/ha	Затраты, руб./га / Costs, rub/ha	Условно чис- тый доход, руб./га / Condi- tionally net in- come, rub/ha	Рента- бельность, %/ Profita- bility, %
Без известкования/ Without liming						
Без удобрений/ Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	1,90	10080	8939	1141	13
P40K40		2,52	11760	10059	1701	17
N40P40K40		3,83	21490	13821	7669	55
N60P40K40		4,40	26460	15720	10740	68
N80P40K40		5,21	29610	15761	13849	88
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж/ Forsash (micro)	1,95	9718	8783	919	10
P40K40		2,55	12110	10649	1461	14
N40P40K40		4,00	22050	14083	7967	57
N60P40K40		4,54	26600	15846	10754	68
N80P40K40		5,30	29680	16027	13653	85
Известкование по 0,5 г.к. / Liming 0.5 h.a.						
Без удобрений/ Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	1,88	10080	9145	935	10
P40K40		2,50	12062	10481	1581	15
N40P40K40		3,85	23296	15047	8249	55
N60P40K40		4,51	28048	16426	11622	71
N80P40K40		5,21	29680	15920	13760	86
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж/ Forsash (micro)	1,90	10150	9573	577	6
P40K40		2,53	12130	10833	1297	12
N40P40K40		3,99	24150	15591	8559	55
N60P40K40		4,62	27510	16248	11262	69
N80P40K40		5,38	31430	16861	14569	86
Известкование по 1,0 г.к./ Liming 1.0 h.a.						
Без удобрений/ Without fertilizers	Без удоб- рений / Without micro- nutrients	1,88	10080	9271	809	9
P40K40		2,56	11900	10226	1674	16
N40P40K40		3,99	24290	15290	9000	59
N60P40K40		4,57	28210	16437	11773	72
N80P40K40		5,33	31430	16630	14800	89
Без удобрений/ Without fertilizers	Форсаж / Forsash (micro)	1,91	10241	9732	509	5
P40K40		2,58	12040	10669	1371	13
N40P40K40		4,06	24780	15867	8913	56
N60P40K40		4,64	28700	17015	11685	69
N80P40K40		5,33	31430	17135	14295	83

Опрыскивание посевов препаратом Форсаж увеличивало данный показатель на 24 руб./га лишь на фоне известкования по 0,5 г.к.

Таким образом, комплексное использование средств химизации в посевах многолетних трав предусматривает возделывание люцерны на черноземе выщелоченном с внесением минеральных удобрений в дозе N50P40K40 и применением жидкого минерального удобрения Форсаж (1 л/га) в фазу ветвления, что обеспечивает повышение урожайности на 0,54 т/га (НСР₀₅ 0,15 т/га) и окупаемости

1 кг д.в. полного минерального удобрения семеном – на 2,98 кг по сравнению с вариантами N40P40K40.

При возделывании костреча внесение полного минерального удобрения в дозе N80P40K40 и применение жидкого минерального удобрения Форсаж (1 л/га) в фазу кущения обеспечивает повышение продуктивности на 4,27 т/га (НСР₀₅ 0,18 т/га) и в 4,3 раза окупаемости 1 кг д.в. минеральных удобрений по сравнению с вариантом P40K40 (7,34 т/га и 7,1 кг сена на 1 кг д.в. минеральных удобрений).

Список литературы

1. Каипов Я. З. Почвоулучшающее и продукционное значение кормовых севооборотов в степной зоне Южного Урала. Кормопроизводство. 2014;(12):19–23. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/12-2014/>
2. Кадоркина В. Ф., Васильева О. М., Кызынгашева Т. П. Современное состояние и перспективы полевого кормопроизводства в Хакасии. Кормопроизводство. 2014;(10):10-13. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/10-2014/>
3. Лазарев Н. Н., Стародубцева А. М., Пятинский Д. В. Продуктивность различных сортов люцерны российской и голландской селекции в Московской области. Кормопроизводство. 2014;(2):19-22. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/2-2014/>
4. Тагиров М. Ш., Шарипова Г. Ф. Влияние минеральных удобрений на продуктивность люцерны. Кормопроизводство. 2014;(5):12-15. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/5-2014/>
5. Белоус Н. М., Шаповалов В. Ф., Малякко Г. П., Смольский Е. В., Меркелов О. А. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(3):33-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23200167>
6. Чекмарев П. А., Каргин И. Ф., Игонов И. И. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения: ретроспектива и современность: монография. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. 360 с.
7. Mikkelsen R. L. Humic Materials for Agriculture. Better Crop. 2005;89:6-10.
8. Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 188 с.
9. Моисеев А. А., Ахметов Ш. И. Симбиотический азот и продуктивность земледелия в условиях южной лесостепи. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2008. 212 с.
10. Зарипова Г. К. Технологические приемы возделывания на семена лядвенца рогатого в условиях Башкортостана. Кормопроизводство. 2014;(10): 31-34. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/10-2014/>
11. Прокина Л. Н., Медведева Е. В. Продуктивность и качество урожая многолетних трав в зависимости от минеральных удобрений и препарата ЖУСС-2 на фоне известкования. Аграрная Россия. 2013;(5):12-14. Режим доступа: <http://agros.folium.ru/index.php/agros/article/view/150>
12. Адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Мордовии: методическое руководство. Под ред. А. М. Гурьянова. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2003. 425 с.

References

1. Kaipov Ya. Z. *Pochvouluchshayushchee i produktsionnoe znachenie kormovykh sevooborotov v stepnoy zone Yuzhnogo Urala*. [Soil-improving and production value of fodder crop rotations in the steppe zone of the southern Urals]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2014;(12):19-23. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/12-2014>
2. Kadorkina V. F., Vasil'eva O. M., Kyzyngasheva T. P. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy polevogo kormoproizvodstva v Khakasii*. [Current status and prospects of field fodder production in the Republic of Khakassia]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2014;(10):10-13. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/10-2014/>
3. Lazarev N. N., Starodubtseva A. M., Pyatinskiy D. V. *Produktivnost' razlichnykh sortov lyutserny rossiyской i gollandской seleksii v Moskovskoy oblasti*. [Productivity of different varieties of alfalfa of Russian and Dutch breeding in the Moscow region]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2014;(2):19-22. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/2-2014/>
4. Tagirov M. Sh., Sharipova G. F. *Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na produktivnost' lyutserny*. [Influence of mineral fertilizers on alfalfa productivity]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2014;(5):12-15. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/5-2014/>

5. Belous N. M., Shapovalov V. F., Malyavko G. P., Smol'skiy E. V., Merkelov O. A. *Vliyaniye fosforno-kaliynykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo sena mnogoletnikh trav v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya*. [Effect of phosphorus-potassium fertilizers on yield and quality of hay of perennial grasses in conditions of radioactive contamination]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(3):33-35. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23200167>

6. Chekmarev P. A., Kargin I. F., Igonov I. I. *Agroekologicheskiy monitoring zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: retrospektiva i sovremennost': monografiya*. [Agroecological monitoring of agricultural lands: past and present: monograph]. Saransk: *Izd-vo Mordov. un-ta*, 2015. 360 p.

7. Mikkelsen R. L. Humic Materials for Agriculture. *Better Crop*. 2005;89:6-10.

8. Figurin V. A. *Vyrashchivaniye mnogoletnikh trav na korm*. [Cultivation of perennial grasses for feed]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2013. 188 p.

9. Moiseev A. A., Akhmetov Sh. I. *Simbioticheskiy azot i produktivnost' zemledeliya v usloviyakh yuzhnoy lesostepi*. [Symbiotic nitrogen and productivity of agriculture in the conditions of the southern forest-steppe]. Saransk: *Izd-vo Mordov. un-ta*, 2008. 212 p.

10. Zaripova G. K. *Tekhnologicheskie priemy vozdeleyvaniya na semena lyadventsya rogatogo v usloviyakh Bashkortostana*. [Technological methods of birds-foot trefoil cultivation for seeds in the conditions of Bashkortostan]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2014;(10): 31-34. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/10-2014/>

11. Prokina L. N., Medvedeva E. V. *Produktivnost' i kachestvo urozhaya mnogoletnikh trav v zavisimosti ot mineral'nykh udobreniy i preparata ZhUSS-2 na fone izvestkovaniya*. [Productivity and quality of perennial grasses yield, depending on mineral fertilizers and ZhUSS-2 preparation on the background of liming]. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2013;(5):12-14. (In Russ.). URL: <http://agros.folium.ru/index.php/agros/article/view/150>

12. *Adaptivnye tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh Respubliki Mordovii: metodicheskoe rukovodstvo*. [Adaptive technologies of cultivation of agricultural crops in the Republic of Mordovia: methodical manual]. *Pod red. A. M. Gur'yanova*. Saransk: *Izd-vo mordovskogo un-ta*, 2003. 425 p.

Сведения об авторе:

✉ **Прокина Людмила Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

Information about the authors:

✉ **Lyudmila N. Prokina**, PhD in Agriculture, leading researcher, head of the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga settlement, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.387-397>



УДК: 619:636.4++633.88+615.015.21

Влияние адаптогенов растительного происхождения на поросят и свиноматок

© 2019. А. А. Ивановский¹✉, Н. П. Тимофеев², С. А. Ермолина³

¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; г. Киров, Российская Федерация,

²Крестьянское хозяйство «БИО» (Научно-производственное предприятие), г. Коржма, Российская Федерация,

³ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Российская Федерация

Изучали влияние кормовой добавки Фитоплюс на поросят-отъемышей в течение 50 дней в 2018 году и препарата Альгасол на супоросных свиноматок в 2017 году в течение 60 дней. Фитоплюс содержит экстракты из растений *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata* и *Filipendula ulmaria*. Его вводили ежедневно, на фоне контроля, в рацион поросят в возрасте от 40 до 90 дней ($n = 50$ в группе): группа № 1 – 0,3; группа № 2 – 0,5; группа № 3 – 1 грамм на голову в сутки. При применении Фитоплюс сохранность поросят во всех группах составила 100%, количество заболевших в опытных группах ($2,3 \pm 0,3$ головы) было в 1,6-2,5 раза ниже, чем в контроле (5 голов). Живая масса в опытных группах ($48,3 \pm 5,9$ – $51,4 \pm 7,5$ кг) превысила результат в контрольной группе (41,8 кг) на 15-22%, а интенсивность среднесуточного прироста на 24-33% ($764,0 \pm 3,0$ г – $818,0 \pm 4,3$ г против $616 \pm 2,2$ г). Достоверные ($P < 0,05$) изменения отмечены у поросят 3-й группы, где АСТ увеличилась, по сравнению с началом опыта, на 21,3% (с $15,9 \pm 0,6$ до $19,3 \pm 0,5$ ед/л), а АЛТ – на 12% (с $23,3 \pm 1,1$ до $26,1 \pm 2,1$ ед/л), во 2-й группе АЛТ возросла на 46% (с $17,7 \pm 1,3$ до $23,9 \pm 1,3$ ед/л). Альгасол – препарат из экстракта бурых морских водорослей и корней солодки голой. Опыт проводился на подсосных свиноматках крупной белой породы (2 группы по 48 особей) при постановке на опорос и до отъема поросят в 28-дневном возрасте. Свиноматкам опытной группы ежедневно выпаивали Альгасол в дозе 50 мл на голову. Альгасол оптимизировал их общее состояние. Свиноматки опытной группы принесли на 2% (572 поросенка) больше, чем в контроле (561 поросенок), мертворожденность снизилась на 8% (23 против 25 голов). Падеж в опыте был в 2,1 раза ниже, чем в контроле (17 против 8 голов), а сохранность составила 98,5%. Установлено, что Фитоплюс и Альгасол оказывают влияние на адаптивно-компенсаторные реакции в организме поросят и свиноматок, характеризующиеся увеличением привесов и сохранности молодняка и повышением молокоотдачи свиноматок.

Ключевые слова: Фитоплюс, левзея сафлоровидная, серпуха венценосная, лабазник вязолистный, Альгасол, солодка голая, морфологические и биохимические показатели крови, сохранность, заболеваемость

Благодарности: научное исследование выполнено при частичной финансовой поддержке со стороны КХ «БИО» (г. Коржма, Россия).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивановский А. А., Тимофеев Н. П., Ермолина С. А. Влияние адаптогенов растительного происхождения на поросят и свиноматок. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4):387-397. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.387-397>

Поступила: 09.04.2019

Принята к публикации: 18.07.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Effect of plant adaptogens on piglets and sows

© 2019. Alexander A. Ivanovsky¹✉, Nikolai P. Timofeev², Svetlana A. Ermolina³

¹Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,

²Scientific-Production Enterprise Farm "BIO", Koryazhma, Russian Federation,

³Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russian Federation

The effect of Phytoplus on weaned piglets was studied for the period of 50 days in 2018 and the influence of Algasol preparation on pregnant sows was investigated during 60 days in 2017. Phytoplus contains extracts from *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, and *Filipendula ulmaria* plants. It was administered daily, against the background of the control, into the diet of piglets aged from 40 to 90 days ($n = 50$ in the group): group No. 1 – 0.3 g; group No. 2 – 0.5 g; group No. 3 – 1 gram per head per day. When Phytoplus was used, livability of piglets in all groups was 100%, the incidence in the experimental groups (2.3 ± 0.3 heads) was 1.6-2.5 times lower than in the control group (5 heads). The live weight in the experimental groups (48.3 ± 5.9 – 51.4 ± 7.5 kg)

exceeded the result in the control group (41.8 kg) by 15-22%, and the intensity of the average daily weight gain by 24-33% (764,0±3,0 g – 818,0±4,3 g against 616±2,2 g). Significant difference ($P < 0.05$) was observed in piglets of the 3rd group, where AST increased, as compared with the beginning of the experiment, by 21.3% (from 15.9±0.6 to 19.3±0.5 units / l), and ALT by 12% (from 23.3±1.1 to 26.1 ± 2.1 units / l) and in the 2nd group where ALT increased by 46% (from 17.7±1.3 to 23.9±1.3 units / l). Algasol is a preparation from the extracts of brown algae and licorice roots. The experiment was carried out on nursing sows of large white breed pigs (2 groups of 48 animals each) when farrowing and before weaning piglets at 28 days of age. Sows of the experimental group were given Algasol daily at a dose of 50 ml per head. Algasol optimized their overall condition. The sows of the experimental group yielded 2% (572 pigs) more than in the control (561 pigs), the stillbirth decreased by 8% (23 vs. 25 animals). The death rate in the experiment was 2.1 times lower than in the control (17 vs. 8 goals), and livability was 98.5%. It has been established that *Phytolus* and Algasol exert influence on the adaptive-compensatory reactions in the body of piglets and sows, that is proved by an increase in weight gain, livability of the young, and rise in the milk yield of the sows.

Key words: *Phytolus*, *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, *Filipendula ulmaria*, Algasol, *Glycyrrhiza glabra*, morphological and biochemical parameters of blood, livability and incidence

Acknowledgement: the research was carried out supported in part by Scientific-Production Enterprise Farm “BIO” (Koryazhma, Russian Federation).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Ivanovsky A. A., Timofeev N. P., Ermolina S. A. Effect of plant adaptogens on piglets and sows. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 387-397. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.387-397>

Received: 09.04.2019

Accepted for publication: 18.07.2019

Published online: 30.08.2019

Естественная резистентность организма отражает комплекс специфических и неспецифических факторов, обусловленных взаимодействием врожденного и адаптивного иммунного ответа. При промышленном содержании стрессы и иммунодефициты способствуют развитию патологий различной степени тяжести, снижая продуктивность животных [1]. Наблюдается четкая взаимосвязь между снижением резистентности и повышением активности свободнорадикальных процессов [2]. В этой связи заслуживает внимания комплекс биологически активных веществ (БАВ) растений, обладающих анаболическим и антистрессовым эффектом с антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами [3, 4, 5]. Учеными из Коми НЦ УрО РАН предложены к интродукции и промышленному размножению два крупнотравных экидистероид синтезирующих вида, имеющих практическую значимость – левзея сафлоровидная (*Leuzea carthamoides* DC; *Rhaponticum carthamoides* Willd. (Pjin)) и серпуха венценосная (*Serratula coronata* L.) [6]. Первичные эксперименты, проведенные ранее с комплексными экстрактами из надземных частей этих растений, показали, что они обладают иммуно-адаптогенным действием на животных [7].

Исходя из результатов публикаций зарубежных ученых [8], фокус исследований следует сосредотачивать на использовании *R. carthamoides*, как главного компонента, придающего уникальную активность экидистероид содержащим составам. *S. coronata* следует рассматривать в качестве дополняющего фитокомплекс иными компонентами (отлич-

ными от *R. carthamoides*). Кроме того, можно предполагать усиление суммарной биологической активности экидистероидов при введении в состав фитокомплекса массово доступного источника, отличающегося сильной антиоксидательной и противовоспалительной активностью – лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) [9, 10].

Внимание исследователей привлекает и солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L., лакричный корень). Так, например, Е. П. Сисягина с соавторами отмечают [11], что использование этанольного экстракта из трав, куда входит и корень солодки (препарат Фитагим из смеси равных количеств трав и соцветий эхинацеи пурпурной, чабреца, листьев мать-и-мачехи и корней солодки голой), повышает эффективность профилактики желудочно-кишечных болезней телят. Действующие вещества – сапонины, тритерпеноиды (глицирризиновая кислота), кумарины, слизи, камеди, флавоноиды, дубильные вещества.

В последние десятилетия многие ученые проявляют повышенный интерес к исследованиям водорослей. Особенностью химического состава бурых морских водорослей (*Laminaria saccharina*, ламинария сахаристая, морская капуста) является высокое содержание полисахаридов – альгиновых кислот, которые у зеленых и красных водорослей отсутствуют. Альгинаты по своей природе являются естественным ионообменником и обладают иммуномодулирующими свойствами. Ценным для обмена веществ является и повышенное содержание йода в легкоусвояемой биогенной форме. Учеными Вятской ГСХА ламинария

ранее была рекомендована в ветеринарной практике для лечения и профилактики заболеваний телят с легочными и желудочно-кишечными заболеваниями [12].

Таким образом, создание лечебно-профилактических средств на основе биологически активных веществ растений является актуальной проблемой современной сельскохозяйственной науки, направленной на получение и увеличение экологически чистой продукции животноводства с минимизацией затрат кормов, уровня заболеваемости и падежа.

Цель исследований – изучить влияние кормовой добавки Фитоплюс на адаптивно-компенсаторные реакции в организме поросят-отъемышей, а фитопрепарата Альгасол – на клиническое состояние супоросных свиноматок и полученных от них поросят.

Задачи исследований:

1. Исследовать содержание экстрактивных биологически активных веществ в наземной части растений *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, *Filipendula ulmaria*, составляющих основу Фитоплюс.

2. Изучить влияние Фитоплюс на морфо-биохимические показатели крови, живую массу, сохранность и заболеваемость поросят-отъемышей.

3. Изучить влияние фитопрепарата Альгасол на некоторые клинико-физиологические показатели супоросных свиноматок и полученных от них поросят.

Фитокомплекс Фитоплюс, содержащий экстракт БАВ из трех растений (леuzeя, серпуха и лабазник), а также препарат Альгасол из солодки и ламинарии впервые изучаются в качестве адаптогенных средств при выращивании поросят в различные периоды их физиологического развития.

Материал и методы. Эксперимент с Фитоплюс на поросятах. Работу проводили в лаборатории ветбиотехнологии ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», областной ветеринарной лаборатории и ЗАО «Заречье», являющегося племрепродуктором с общей численностью 20 тысяч голов свиней (г. Киров) в 2018 году. Фитоплюс представляет собой сухую кормовую добавку светло-серого цвета с бурым оттенком, содержащую БАВ фитокомплекса: леuzeя сафлоровидная (*R. Carthamoides*), серпуха венценосная (*S. coronata*), лабазник вязолистный (*F. ulmaria*). Растительное лекарственное сырье с промышленных плантаций КХ «БИО» (Россия, Архангельская

область, <https://levzea.com>) заготовлено в фазе «начало бутонизации» и переработано методом биологического концентрирования экидистероидов [13].

Исследование БАВ в образцах растений на содержание экидистероидов (действующих веществ *R. carthamoides* и *S. coronata*) проводили методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ-ВЭЖХ), с компьютерной обработкой данных по методу внутреннего стандарта. Использовали жидкостный микроколоночный хроматограф «Милихром-5» (колонок 80×2 мм, сорбент Nucleosil C18 с размером частиц 5 мкм) (ООО «Медикант», Россия); элюент: раствор ацетонитрила, этанола в воде, подкисленный уксусной кислотой в режиме градиентного элюирования компонентов при скорости 100 мкл/мин; УФ-детектор ($\lambda = 242$ нм). Учитывали средние значения трех аналитических повторностей от воздушно-сухого вещества [14]. Определение флавоноидов (нормируемых действующих веществ) в *F. ulmaria* проводили спектрофотометрическим методом с использованием комплексобразующей реакции с 1% спиртовым раствором алюминия хлорида. Оптическую плотность исследуемого раствора определяли на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 415 нм.

В процессе приготовления целевого продукта травы, после измельчения на лабораторной мельнице, подвергали экстракции 70% этанолом. Экстракты из отдельных трав соединялись в равных объемах, после чего проводилась усушка на цеолите при температуре не выше 40⁰С в сушильном шкафу СЭШ-3М. Усредненная концентрация экидистероидов фитокомплекса равна 2,1%. В конечном целевом продукте суммарная концентрация экстрактивных веществ составляла 6,89 г/кг. Таким образом, в 0,3 граммах продукта находилось 2,67 мг (0,18 мг/кг живой массы), в 0,5 граммах – 3,45 мг (0,3 мг/кг живой массы) и в 1 грамме – 6,9 мг (0,6 мг/кг живой массы) экстрактивных веществ.

Эксперимент проводили в зимне-весенний период (февраль-апрель) в течение 50 суток, в котором были задействованы поросята-отъемыши свиней крупной белой породы в возрасте от 40 до 90 дней, распределенные на контрольную и 3 опытные группы, по 50 голов в каждой. Готовый продукт с условным названием Фитоплюс вводили ежедневно групповым методом в рацион поросят в следующих дозировках: группа № 1 – 0,3 г; группа № 2 – 0,5 г; группа № 3 – 1 г на голову в сутки.

Животные в основном рационе получали стандартный свиной комбикорм СПК-4¹. В его состав входят компоненты, полностью обеспечивающие потребность животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах. В контрольной группе животные содержались на том же свином комбикорме, без каких-либо иных добавок. Скармливался комбикорм в виде влажной мешанки. В состав входят: пшеница $\geq 30\%$, ячмень $\geq 45\%$, отруби пшеничные $\leq 5\%$, шрот подсолнечный $\geq 10\%$, мука рыбная $\geq 5\%$, рыбий жир, мел, фермент натузим, монокальцийфосфат, соль, ароматизатор молочно-ванильный, витамины. Показатели качества: обменная энергия 12,7 Мдж/кг; кормовых единиц 1,11; сырой протеин 17,7%; сырая клетчатка 5,1%; лизин 0,81%; метионин + цистин 0,58; Са 1,1%; Р 0,86%; NaCl 0,4%.

Перед началом и по окончании опыта исследовали массу тела, а также кровь на морфологические (гемоглобин, эритроциты, лейкоциты) и биохимические показатели (аспартатаминотрансферазу (АСТ), аланинаминотрансферазу (АЛТ), мочевины, холестерин, общий белок, резервную щелочность (РЩ), кальций, фосфор)¹. Гемоглобин определяли с помощью гемометра Сали, эритроциты и лейкоциты в камере Горяева. Содержание общего белка в сыворотке крови устанавливали рефрактометрическим методом, АЛТ и АСТ – унифицированным методом Райтмана-Френкеля, мочевины с помощью набора «МОЧЕВИНА ОЛЬВЕКС» уреазным фенолгипохлоритным методом, общий холестерин с помощью набора Vital для колориметрического определения ферментативным методом, резервную щелочность (РЩ) – диффузным методом по И. П. Кондрахину. Кальций (Са) определяли с помощью набора Vital колориметрическим методом с о-крезолфталеин-комплексом, фосфор (Р) с помощью набора «фосфор ПАРМА» фотометрическим методом.

Перед началом и по окончании опыта у животных определяли массу тела на весах ВСП4-150 ЖСО. На протяжении всего эксперимента проводили ежедневное наблюдение за клиническим состоянием животных на основе принципов общего клинического исследования. Температура и относительная влажность воздуха в помещении составляли 20-22°C и 68-70%, освещенность искусственная – 60 люкс.

Эксперимент с препаратом Альгасол на подсосных свиноматках. В 2010 году сотрудниками ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА» С. А. Ермолиной и В. А. Созиновым был создан препарат Альгасол на основе бурых морских водорослей *L. saccharina* и корней бобового растения солодки голой *G. glabra* в результате экстракции 50% этанолом. Альгасол представляет собой непрозрачную, гомогенную жидкость коричневого цвета, обладает антистрессовыми и иммуномоделирующими свойствами, нормализует обмен веществ в организме животных и птиц [12].

Опыт проводили в 2017 году в течение двух месяцев в ЗАО Агрофирма "Дороники" (г. Киров) на подсосных свиноматках крупной белой породы, распределенных на две группы по 48 голов в каждой. Схема опыта: при постановке на опорос и до отъема поросят в 28-дневном возрасте (всего получено 549 поросят) свиноматкам опытной группы ежедневно выпаивали препарат Альгасол в дозе 50 мл на голову перед утренним кормлением. Кормление всех подопытных животных осуществляли по одной схеме: 4-кратно комбикормом для лактирующих свиноматок. Всех поросят подкармливали кормами (престарт) с 5-7-дневного возраста, согласно схеме по их применению. Осуществляли мониторинг за общим состоянием подопытных животных. На протяжении эксперимента ежедневно наблюдали за клиническим состоянием поросят, их развитием, заболеваемостью и сохранностью. Для оценки молочности свиноматок применяли исключительно косвенные методы. С этой целью определяли вес поросят в подсосный период, а также учитывали способность свиноматок выкармливать сосунов.

Математическую обработку, полученных в экспериментах данных проводили с использованием модуля Statistica компьютерной программы ASD EXE. Достоверность полученных результатов оценивали в соответствии с t-критерием Стьюдента при уровне вероятности $P \leq 0,05$ для зависимых и независимых выборок.

Результаты и их обсуждение. Фитоплюс содержит экстракт биологически активных веществ из наземных частей растений *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, *Filipendula ulmaria*, включающий в себя фитоэкдистероиды и флавоноиды с суммарной концентрацией 6,9 г/кг продукта.

¹Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. М.: Колос, 2004. 520 с.

Основным экидистероидом, содержащимся в надземной части *R. carthamoides*, является высокоактивный экидистерон (синонимы: 20-гидроксиэкидизон, 20-hydroxyecdysone, 20E), концентрация которого составляет до 6 г/кг (96,8% массовой доли от суммы экидистероидов), тогда как на долю слабоактивного экидизона (ecdysone, E) приходится 0,2 г/кг. У *S. coronata* концентрация экидистерона 4,73% (84,1% от массовой доли), экидизона – 0,26%; также присутствует малоактивный инокостерон (inokosterone, In) – 0,63%, который не выделен в *R. Carthamoides*. Содержание флавоноидов от сухого вещества составило 6,5% (по рутину).

В целом, суммарная концентрация экидистероидов в *S. coronata* выше *R. Carthamoides* в 9,1 раза (5,62% против 0,62%), однако качественный состав хуже: соотношение 20E/In + E = 5:1 против 30:1 у *R. carthamoides*. Поэтому анаболический эффект серпухи обычно не превышает 5-12%. К примеру, производственный эффект препаратов из надземных частей серпухи с аналогичным содержанием суммы экидистероидов 6,2% (препарат Метаверон) изучали в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН на цыплятах-бройлерах [15]. Анаболический эффект составил в среднем по 4 вариантам 5,6% (3,5-8,3). На лабораторных белых мышях эффект использования в дозе 10 мг/кг за 27 недель был равен 112,1%. В другой серии опытов, проведенных в ОПХ Боровское ГНУ СибНИИПТИЖ

(г. Новосибирск) с растительными экидистероидами серпухи в форме витаминно-травяной муки (введение в дозе 80 мг/кг в рацион поросят крупной белой породы через 2 недели после отъема и выдержки; группы по 12 голов, живая масса их около 20 кг), эффект прироста составил 5,8-6,0% [16]. Поэтому в наших экспериментах следовало проверить на практике теоретическую возможность суммирования БАВ препарата Фитоплюс в одном направлении – выявить синергический эффект экидистероидных экстрактов *R. Carthamoides* и *S. coronata*, усиленный экстрактом *F. ulmaria*. А также оценить эффективность другого, не содержащего экидистероиды, комплексного препарата Альгасол из *L. saccharina* и *G. Glabra*, включающего иные экстрактивные БАВ.

Результаты эксперимента с Фитоплюс на поросятах

Морфологические показатели крови. В результате введения Фитоплюс в рацион поросят-отъемышей установлено, что исследуемые показатели во всех группах не имели достоверных отличий ($P > 0,05$) в сравнении с началом опыта (табл. 1). Гемоглобин (HGB), лейкоциты (WBC) и эритроциты (RBC) находились в границах референсных значений во всех группах как в начале, так и по окончании опыта: HGB от 11,0±0,1 до 12,5±0,6 г/%; WBC от 9,6±1,1 до 12,5±1,1 10⁹/л; RBC от 7,1±0,3 до 7,7±0,8 10¹²/л.

Таблица 1 – Морфология крови поросят после применения Фитоплюс (M±m; n = 50 в группе) / Table 1 – Morphology of the blood of piglets after application of Phytoplus (M±m; n = 50 in the group)

Группа / доза Group / dose	Гемоглобин, г% / HGB, g%	Лейкоциты, 10 ⁹ /л / WBC, 10 ⁹ /L	Эритроциты, 10 ¹² /л / RBC, 10 ¹² /L
В начале опыта / At the beginning of the experiment			
№ 1 (0,3 г)	11,0±0,1	11,4±0,2	7,2±0,5
№ 2 (0,5 г)	11,9±0,2	12,5±0,3	7,9±0,2
№ 3 (1 г)	11,6±1,1	10,6±1,1	7,1±0,3
Контроль / Control	11,5±0,1	11,4±2,1	7,2±0,1
По окончании опыта / At the end of the experiment			
№ 1 (0,3 г)	11,8±0,1	9,6±1,1	7,4±0,1
№ 2 (0,5 г)	12,5±0,6	10,7±1,0	7,4±0,6
№ 3 (1 г)	12,5±0,2	11,5±0,6	7,57±0,4
Контроль / Control	12,0±0,1	12,5±1,1	7,7±0,8
Референсные значения ² / Reference values	10,0-12,0	8,0-16,0	6,0-7,5

P > 0,05 в сравнении с началом опыта и контролем /
P > 0.05 in comparison with the beginning of the experiment and the control

²Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. С. 50-57.

Биохимические показатели крови. У животных во всех группах исследуемые данные по окончании опыта находились в пределах физиологической нормы (табл. 2). Показатели крови, характеризующие белковый (общий белок от 61,8±0,03 до 64,9±0,10 г/л), минеральный («Р» от 2,9±0,01 до 3,3±0,04 ммоль/л; «Са» от 2,5±0,05 до 2,8±0,04 ммоль/л), жировой метаболизм (холестерин от 2,0±0,05 до 2,91±0,13 ммоль/л), а также функциональное состояние печени (АЛТ от 22,3±1,2 ед/л до 26,1±2,1; АСТ от 15,9±0,6 до 20,9±0,4 ед/л),

почек (мочевина от 4,9±0,1 до 7,1±0,3 ммоль/л) и резервная щелочность крови (от 46,6±1,5 до 55,6±3,5% CO₂) поросят, свидетельствуют об отсутствии у Фитоплюс каких-либо негативных свойств.

Достоверные отличия (P<0,05) зафиксированы только в отношении АСТ и АЛТ во второй и третьей опытных группах. Так, у животных 3-й группы АСТ увеличилась по сравнению с началом опыта на 21,3%, а АЛТ на 12%, во 2-й группе достоверно (P<0,05) увеличилась только АЛТ на 46%.

Таблица 2 – Результаты биохимического анализа крови поросят после применения Фитоплюс (M±m; n = 50 в группе) /

Table 2 – Results of the biochemical analysis of blood after application of Phytoplus (M±m; n = 50)

Группа / доза Group / dose	Общий белок, г/л Total protein, g/l	Са	Р	Холестерин / Cholesterol	Мочевина / Urea	РЩ об., %/CO ₂ / Alkalinity reserve, %/CO ₂	АСТ / AST	АЛТ / ALT
							ммоль/л / mmol/l	
В начале опыта / At the beginning of the experiment								
№ 1 (0,3 г)	61,8±0,03	2,5±0,05	2,9±0,01	2,3±0,02	4,9±0,1	48,4±2,1	17,6±0,4	22,3±1,2
№ 2 (0,5 г)	62,9±0,02	2,7±0,04	2,9±0,02	2,0±0,05	5,1±0,1	46,6±1,5	18,4±0,3	17,7±1,3
№ 3 (1 г)	62,9±0,01	2,6±0,06	2,9±0,01	2,3±0,04	6,7±0,2	55,6±2,5	15,9±0,6	23,3±1,1
Контроль / Control	62,2±0,04	2,5±0,02	2,9±0,04	2,3±0,06	5,8±0,3	53,4±2,2	18,7±0,7	19,8±1,4
По окончании опыта / At the end of the experiment								
№ 1 (0,3 г)	65,5±0,1	2,8±0,04	3,0±0,02	2,9±0,13	6,6±0,2	55,6±3,0	18,8±0,2	22,9±1,1
№ 2 (0,5 г)	66,0±0,11	2,8±0,07	3,3±0,04	2,5±0,12	7,1±0,3	41,2±3,2	19,2±0,8	25,9±1,3*
№ 3 (1 г)	65,5±0,02	2,6±0,02	2,9±0,08	2,3±0,11	6,9±0,4	55,6±3,5	19,3±0,5*	26,1±2,1*
Контроль / Control	64,9±0,10	2,7±0,03	3,1±0,02	2,4±0,10	6,5±0,1	55,0±3,7	20,9±0,4	22,2±1,1
Референсные значения ³ / Reference values	58-85	2,3-3,0	1,8-3,0	2,1-3,5	3,0-8,8	45-56	15-55	22-46

*P <0,05 в сравнении с началом опыта / *P <0.05 in comparison with the beginning of the experiment

Сохранность поросят. Данный показатель во всех группах составил 100% (табл. 3). Однако в контроле процент заболевших животных превысил данный показатель в опытных группах: в 1 группе – в 1,6 раза; во 2-3 группах – в 2,5 раза.

У всех больных поросят диагностировали простую диспепсию, не носившую контактный характер, которая купировалась в течение 5 дней в контрольной группе и в течение 4 дней в опытных. В процессе стандартного

лечения применяли молочные подкормки, регос физиологический раствор с добавлением глюкозы, тетравит, левомицетин. Клинико-физиологический статус поросят всех групп к окончанию эксперимента соответствовал показателям нормы.

Динамика изменения массы тела поросят. Живая масса поросят-отъемышей по окончании эксперимента в опытных группах №2 и №3, превысила результат в контроле на 22%, а в группе №1 – на 15% (табл. 4).

³Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. С. 50-57.

Таблица 3 – Сохранность поросят после применения Фитоплюс (n = 50 в группе) / Table 3 – Livability of piglets after application of Phytoplus (n = 50 in the group)

Показатель / Indicator	Контроль / Control	Опыт / Experiment		
		1 группа / 1 group	2 группа / 2 group	3 группа / 3 group
Доза Фитоплюс в сутки грамм/поросенка / Dose of Phytoplus, per day gramm/piglet	-	0,3	0,5	1,0
Количество поросят на начало опыта / Number of piglets at the start of the experiment	50	50	50	50
Заболееваемость, гол. / Incidence, head	5	3	2	2
Заболееваемость, % / Incidence, %	10	6	4	4
Сохранность в конце опыта, гол. / Livability at the end of the experiment, head	50	50	50	50
Сохранность, % / Livability, %	100	100	100	100

Таблица 4 – Живая масса поросят после применения Фитоплюс (M±m; n = 50 в группе) / Table 4 – Live weight of piglets after application of Phytoplus (M±m; n = 50 in the group)

Показатель / Indicator	Контроль / Control	Опыт / Experiment		
		1 группа / 1 group	2 группа / 2 group	3 группа / 3 group
Доза Фитоплюс, в сутки грамм/поросенка / Dose of Phytoplus, per day gramm/piglet	-	0,3	0,5	1,0
Масса тела в начале опыта, кг / Body weight at the start of the experiment, kg	11,0±1,7	10,1±2,0	10,8±1,6	10,5±1,1
Масса тела в конце опыта, кг / Body weight at the end of experiment, kg	41,8±5,5	48,3±5,9*	51,1±6,7*	51,4±7,5*
Среднесуточный прирост массы тела, г / Average daily weight gain, g	616,0±2,2	764,0±3,0*	806,0±5,1*	818,0±4,3*
Интенсивность прироста, % / Intensity of growth, %	100,0	124,0	130,8	132,8

*P ≤ 0,05 в сравнении с контролем / *P ≤ 0.05 in comparison with the control

Среднесуточный прирост массы тела был выше, чем у животных в контроле: в 1-й группе – на 24,0% (764 г/сут против 616 г), во 2-й группе – на 30,8% (806 г/сут) и в 3-й группе – на 32,8% (818 г/сут).

Результаты эксперимента с Альгасолом на подсосных свиноматках. Препарат Альгасол являлся нетоксичным для беременных свиноматок, оказывал благоприятное влияние на их общее состояние. У животных повышался аппетит, они потребляли больше корма. Свиноматки опытной группы принесли на 11 голов поросят больше (+2%), чем в контроле, в том числе живых на 13 голов больше (+2,4%), а слабых – на 22 головы меньше (в 2,6 раза). Результаты испытания отражены в таблице 5.

В период наблюдения ни у одного из новорожденных 549 поросят опытной группы не было отмечено симптомов воспалительного характера со стороны желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей (падеж 8 голов

связан с травмами, некоторых задавили свиноматки). В то время как у 79 поросят контрольной группы отмечали диарейный синдром.

По-видимому, у свиноматок повышалась молокопродукция, на что указывает тот факт, что поросята опытной группы употребили корма престарт на 100 кг меньше по сравнению с контролем. Среди поросят опытной группы падеж был в 2,1 раза меньше (8 голов), чем в контроле (17 голов). Сохранность составила 98,5% (96,8% в контроле).

Среднесуточный привес поросят опытной группы был равен 300 г (311 г в контроле). Разница с контрольной группой составила 11 г. Более низкий среднесуточный привес можно объяснить тем, что под свиноматкой одновременно находилось большее число поросят (10,2), чем в контроле (9,7). Валовой привес в опытной группе за период эксперимента был на 85 кг больше, чем в контрольной.

Таблица 5 – Эффективность применения препарата Альгасол подсосным свиноматкам /
Table 5 – Effectiveness of Algasol preparation for nursing sows

Показатель / Indicators		Опыт / Experiment	Контроль / Control	Разница, ± / Difference, ±
Количество свиноматок, гол. / The number of sows, heads		48	48	0
Получено поросят, гол. / Piglets born, heads		572	561	+11 (2%)
В том числе / Including	живых / living	549	536	+13 (2,4%)
	из них слабых / including weak	14	36	-22 (в 2,6 раза)
	мертвоорожденных / stillborn	23	25	-2 (8,0%)
Падеж, гол. / Death rate, heads		8	17	-9 (в 2,1 раза)
Передано на доразивание, гол. / Transferred for rearing, heads		491	464	+27
Сохранность, % /Livability, %		98,5	96,8	+1,7
Валовой привес в группе, кг/ Gross weight gain in the group, kg		4121	4036	+85 (2,1%)
Средняя масса поросенка при передаче, кг / Average mass of a pig during transfer, kg (M ±m)		8,4±0,11	8,7±0,16	-0,3
Среднесуточный привес, г / Average daily weight gain, g (M ±m)		300±6,9	311±10,5	-11 (3,7%)
Потребление корма (престарта) за цикл, кг / Feed consumption per cycle, kg (M ±m)		525±1,5*	625±3,0	-100±1,5

*P ≤0,05 в сравнении с контролем / *P ≤0.05 in comparison with the control

Ежедневное введение в рацион беременным свиноматкам препарата Альгасол в дозе 50 мл на голову способствовало получению более жизнеспособного молодняка. Альгасол, по всей вероятности, поступая опосредованно (через молоко матери) в организм новорожденных поросят, способствовал сохранности их поголовья, а, следовательно, и увеличению валового привеса.

Таким образом, установлено, что Фитоплюс и Альгасол оказывают позитивное влияние на адаптивно-компенсаторные реакции в организме поросят и свиноматок, характеризующиеся увеличением привесов и сохранности молодняка и повышением молокоотдачи у свиноматок. Описанные в настоящем исследовании эксперименты с различными БАВ-содержащими растительными кормовыми добавками на поросятах-отъемышах и подсосных свиноматках показали, что растительные адаптогены играют существенную роль в нормализации метаболических процессов у свиней – в конечном итоге влияют на здоровье и продуктивность животных.

При их использовании в условиях промышленного содержания у поросят различных периодов физиологического развития наблюдается прирост живой массы, превышающий та-

ковую у поросят контрольных групп. Однако, если анаболический эффект от Альгасол составил небольшие значения – 2,1-3,7% (по валовому и среднесуточному привесам), то интенсивность прироста от использования Фитоплюс оказалась на порядок выше – 24,0-32,8%. Данный анаболический эффект Фитоплюс, по нашему мнению, наблюдался вследствие влияния на организм экидистероид содержащих экстрактов, имеющих сходное действие с андрогенными стероидами и признаваемых мировой наукой перспективными, но недостаточно изученными в сельскохозяйственной практике соединениями – с целью стимулирования синтеза белка и снижения потребления корма в животноводстве [17].

Можно предполагать, что анаболический эффект экидистероидов от *R. carthamoides* и *S. coronata* был усилен действием танина, флавоноидов и производных салициловой кислоты из экстракта *F. ulmaria*, которые, действуя в комплексе, во-первых – обеспечили сохранность БАВ от микрофлоры во время нахождения в желудочно-кишечном тракте свиней, оказывая вяжущее действие; а во-вторых – оказали антиоксидантное, противовоспалительное и стресс-протективное нормализующее действие на метаболические процессы, которые, как известно, контролируются тес-

ным взаимодействием нервной, иммунной и эндокринной систем [1].

Следует отметить, что развитие простой диспепсии, наблюдаемой у некоторых поросят в течение опыта, является характерной особенностью молодого организма и относится к полиэтиологическому заболеванию. Значительное место в возникновении и распространении диспепсии отводят микрофлоре, которая является вторичным фактором, способным проявить патогенные свойства только в ослабленном организме.

Мониторинг клинического состояния животных, основанный на исследованиях крови и ежедневном визуальном контроле их общего состояния, не выявил какого-либо отрицательного действия Фитоплюс и Альгасол на организм свиней, что подтверждает их безвредность.

Выводы:

1. Установлено, что кормовая добавка Фитоплюс, содержит экстракт биологически активных веществ из надземных частей растений *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, *Filipendula ulmaria*, включающий в себя фитоэкдистероиды и флавоноиды с суммарной концентрацией 6,9 г/кг продукта.

2. В результате проведенных экспериментов установлено, что введение в рацион поросят-отъемышей фитокомплекса Фитоплюс один раз в сутки в дозах 0,3; 0,5; 1,0 г на голову в течение 1,5 месяцев (50 дней), не оказывает негативного влияния на морфо-биохимические показатели крови поросят.

3. Живая масса поросят-отъемышей, получавших Фитоплюс в опытных группах, превышает результат в контроле на 15-22%, а интенсивность среднесуточного прироста массы тела – на 24-33%.

4. Сохранность поросят при использовании Фитоплюс во всех группах составила 100%, при этом заболеваемость животных в контроле превышала данный показатель в опытных группах в 1,6-2,5 раза.

5. Препарат Альгасол, содержащий экстракт биологически активных веществ из *Laminaria saccharina* и корней *Glycyrrhiza glabra*, в дозировке 50 мл на свиноматку в день способствует повышению аппетита и молокопродукции у свиноматок, получению от них более жизнеспособного молодняка и увеличению привеса поросят на 2,1-3,7%.

Список литературы

1. Галочкин В. А., Остренко К. С., Галочкина В. П., Федорова Л. М. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2018;53(4):673-686. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/4-2018galochkin.html>
2. Максимов Г. В., Ленкова Н. В. Система антиоксидантной защиты организма в зависимости от реакции, возраста и породы свиней. Ветеринарная патология. 2010;(4):59-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16752101>
3. Phytoecdysteroids: Plant Sources, Structure and Properties (Ed. Shakhnoza S. Azimova), Springer Science Business Media, NY, 2013, 308 p. URL: <https://www.springer.com/la/book/9781461405429>
4. Сыров В. Н., Исламова Г. И., Эгамова Ф. Р., Юлдашева Н. Х., Хушбакова З. А. Стресс-протекторные свойства фитоэкдистероидов. Экспериментальная и клиническая фармакология. 2014;77(7):35-38. Режим доступа: <http://ekf.folium.ru/index.php/ekf/article/view/175>
5. Васильев А. С., Абдрашитова (Поломеева) Н. Ю., Удут В. В. Экдистероиды и их биологическая активность. Растительные ресурсы. 2015;51(2):229-259. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23285899>
6. Рубан Г. А., Зайнуллина К. С. Особенности семенной репродукции левзеи сафлоровидной и серпухи венценосной при выращивании в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013;(4 (35)):22-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19415085>
7. Ивановский А. А., Латушкина Н. А., Тимкина Е. Ю. Влияние экстракта из комплекса трав на клинико-гематологический статус белых мышей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(2 (63)):81-84. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34857465>
8. Glazowska J., Kaminski M. M., Kaminski M. Chromatographic separation, determination and identification of ecdysteroids: Focus on maral root (*Rhaponticum carthamoides*, *Leuzea carthamoides*). Journal of Separation Science. 2018;41(23):4304-4314. DOI: <https://doi.org/10.1002/jssc.201800506>
9. Башилов А. В. Применение *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. в рамках учения об адаптогенах. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2012;11(4):86-90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
10. Шалдаева Т. М., Высочина Г. И., Костикова В. А. Фенольные соединения и антиоксидантная активность некоторых видов *Filipendula Mill.* (Rosaceae). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018;(1):204-212. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34905899>

11. Сисягина Е. П., Сисягин П. Н., Реджепова Г.Р., Убитина О. В. Влияние фитопрепаратов на иммуно-биологические параметры телят в постпрофилактический период выращивания. Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2015;(12):13-17. Режим доступа: <http://panor.ru/categories/selskoe-khozyaystvo/magazines/veterinariya-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh/numbers/69281.html>
12. Ермолина С. А., Созинов В. А. Экстракты морских бурых водорослей и их применение в животноводстве и ветеринарии. Киров: Вятская ГСХА, 2010. 152 с.
13. Тимофеев Н. П. Биологический метод концентрирования экдистероидов в препаратах серпухи венценосной и их эффект в фитотерапии. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2018;(13):652-657. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35359256>
14. Пунегов В. В., Савиновская Н. С. Метод внутреннего стандарта для определения экдистероидов в растительном сырье и лекарственных формах с помощью ВЭЖХ. Растительные ресурсы. 2001;37(1):97-102. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26647074>
15. Мишуров В. П., Зайнуллин В. Г., Рубан Г. А., Савиновская Н. С., Пунегов В. В., Башлыкова Л. А. Интродукция *Serratula coronata* L. на Европейском Северо-Востоке. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2008. 192 с. Режим доступа: <https://ib.komisc.ru/rus/book-2008/1482-introduktsiya-serratula-coronata-l-na-evropejskom-severo-vostoke>
16. Носенко Н. А. Растительные стероиды серпухи венценосной в кормлении поросят-отъемышей. Современные технологии производства продуктов животноводства: сб. научн. тр. Новосибирск, СО РАСХН, 2004. С. 184-189.
17. Bathori M., Toth N., Hunyadi A., Marki A., Zador E. Phytoecdysteroids and anabolic-androgenic steroids – structure and effects on humans. Current Medicinal Chemistry. 2008;15(1):75-91. DOI: <https://doi.org/10.2174/092986708783330674>

References

1. Galochkin V. A., Ostrenko K. S., Galochkina V. P., Fedorova L.M. *Vzaimosvyaz' nervnoy, immunnoy, -- endokrinnoy sistem i faktorov pitaniya v regulyatsii rezistentnosti i produktivnosti zhivotnykh (obzor)*. [The relationship of the nervous, immune, endocrine systems and nutritional factors in the regulation of resistance and productivity of animals (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;53(4):673-686. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/4-2018galochkin.html>
2. Maksimov G. V., Lenkova N. V. *Sistema antioksidantnoy zashchity organizma v zavisimosti ot reaktzii, vozrasta i porody sviney*. [System of anti-oxidant protection of organism depending on stress reaction, age and breed of swine]. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary Pathology*. 2010;(4):59-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16752101>
3. Phytoecdysteroids: Plant Sources, Structure and Properties (Ed. Shakhnoza S. Azimova), Springer Science Business Media, NY, 2013, 308 p. URL: <https://www.springer.com/la/book/9781461405429>
4. Syrov V. N., Islamova G. I., Egamova F. R., Yuldasheva N. Kh., Khushbaktova Z. A. *Stress-protectornye svoystva fitoekdisteroidov*. [Stress-protective properties of phytoecdysteroids]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*. 2014;77(7):35-38. (In Russ.). URL: <http://ekf.folium.ru/index.php/ekf/article/view/175>
5. Vasil'ev A. S., Abdrashitova (Polomeeva) N. Yu., Udut V. V. *Ekdisteroidy i ikh biologicheskaya aktivnost'*. [Ecdysteroids and their biological activity]. *Rastitel'nye resursy*. 2015;51(2):229-259. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23285899>
6. Ruban G. A., Zaynullina K. S. *Osobennosti semennoy reprodukcii levzei saflorovidnoy i serpukhi ventsenosnoy pri vyrashchivanii v usloviyakh srednetaezhnoy podzony Respubliki Komi*. [Features of seed reproduction of *Rhaponticum cartamoides* and *Serratula coronata* L. at cultivation under conditions of a middle-taiga sub-zone of the Komi Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2013;(4 (35)):22-25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19415085>
7. Ivanovskiy A. A., Latushkina N. A., Timkina E. Yu. *Vliyanie ekstrakta iz kompleksa trav na kliniko-gematologicheskii status belykh myshey*. [The influence of the herbal complex extract on the clinical and hematological status of white mice]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(2 (63)):81-84. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34857465>
8. Glazowska J., Kaminski M. M., Kaminski M. Chromatographic separation, determination and identification of ecdysteroids: Focus on maral root (*Rhaponticum carthamoides*, *Leuzea carthamoides*). *Journal of Separation Science*. 2018;41(23):4304-4314. DOI: <https://doi.org/10.1002/jssc.201800506>
9. Bashilov A. V. *Primenenie Filipendula ulmaria (L.) Maxim. v ramkakh ucheniya ob adaptogenakh*. [Application of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. in the framework of the theory on adaptogens]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Medical University*. 2012;11(4):86-90. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
10. Shaldaeva T. M., Vysochina G. I., Kostikova V. A. *Fenol'nye soedineniya i antioksidantnaya aktivnost' nekotorykh vidov Filipendula Mill. (Rosaceae)*. [Phenolic compounds and antioxidant activity of some species of

Filipendula Mill. (Rosaceae)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2018;(1):204-212. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34905899>

11. Sisyagina E. P., Sisyagin P. N., Redzhepova G. R., Ubitina O. V. *Vliyanie fitopreparatov na immunobiologicheskie parametry telyat v postprofilakticheskiy period vyrashchivaniya*. [Influence of phytopreparations on the immunobiological parameters of calves in the post-profilactic growing period]. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2015;(12):13-17. (In Russ.). URL: <http://panor.ru/categories/selskoe-khozyaystvo/magazines/veterinariya-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh/numbers/69281.html>

12. Ermolina S. A., Sozinov V. A. *Ekstrakty morskikh burykh vodorosley i ikh primeneniye v zhivotnovodstve i veterinarii*. [Extracts of marine brown algae and their application in animal husbandry and veterinary]. Kirov: *Vyatskaya GSKhA*, 2010. 152 p.

13. Timofeev N. P. *Biologicheskiy metod kontsentrirvaniya ekdisteroidov v preparatakh serpuhki ventsenosnoy i ikh effekt v fitoterapii*. [Biological method of concentrating ecdysteroids in preparations of *Serratula coronata* and their effect in phytotherapy]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya*. 2018;(13):652-657. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35359256>

14. Punegov V. V., Savinovskaya N. S. *Metod vnutrennego standarta dlya opredeleniya ekdisteroidov v rastitel'nom syr'e i lekarstvennykh formakh s pomoshch'yu VEZhKh*. [The method of internal standard for determination of ecdysteroids in herb and preparation by HPLC analysis]. *Rastitel'nye resursy*. 2001;37(1):97-102. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26647074>

15. Mishurov V. P., Zaynullin V. G., Ruban G. A., Savinovskaya N. S., Punegov V. V., Bashlykova L. A. *Introduktsiya Serratula coronata L. na Evropeyskom Severo-Vostoke*. [Introduction of *Serratula coronata* L. in the European Northeast]. *Syktvykar: Komi nauchnyy tsentr UrO RAN*, 2008. 192 p. URL: <https://ib.komisc.ru/rus/book-2008/1482-introduktsiya-serratula-coronata-l-na-evropeyskom-severo-vostoke>

16. Nosenko N. A. *Rastitel'nye steroidy serpuhki ventsenosnoy v kormlenii porosyat-ot'emyshey*. [Plant steroids from *Serratula coronata* in feeding of weaned piglets]. *Sovremennyye tekhnologii proizvodstva produktov zhivotnovodstva: sb. nauchn. tr.* [Modern technologies for the production of livestock products]. Novosibirsk: *SO RASKhN*, 2004. pp. 184-189.

17. Bathori M., Toth N., Hunyadi A., Marki A., Zador E. *Phytoecdysteroids and anabolic-androgenic steroids – structure and effects on humans*. *Current Medicinal Chemistry*. 2008;15(1):75-91. DOI: <https://doi.org/10.2174/092986708783330674>

Сведения об авторах:

✉ **Ивановский Александр Александрович**, доктор вет. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ветбиотехнологии ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-2984-7219>, e-mail: ivanovskii.1956@mail.ru,

Тимофеев Николай Петрович, кандидат биол. наук, заведующий лабораторией интродукции и биосинтеза экдистероидов КХ БИО (Научно-производственное предприятие), Ленина пр-кт, д. 47а, г. Коряжма, Архангельская обл., Российская Федерация, 165650, e-mail: sciens@leuzea.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0003-4565-7260>,

Ермолина Светлана Александровна, доктор вет. наук, заведующий кафедрой зоогигиены, физиологии и биохимии ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Октябрьский пр-кт, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: info@vgsha.info, e-mail: ermsoz@mail.ru.

Information about the authors:

✉ **Alexander A. Ivanovsky**, DSc in Veterinary sciences, leading researcher, Head of the Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-2984-7219>, e-mail: ivanovskii.1956@mail.ru,

Nikolai P. Timofeev, PhD in Biology, Head of the Laboratory of Plant introduction and ecdysteroid biosynthesis, Scientific-Production Enterprise Farm “BIO”, Lenin Avenue, 47A, Koryazhma, Russian Federation, e-mail: sciens@leuzea.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0003-4565-7260>,

Svetlana A. Ermolina, DSc in Veterinary sciences, Head of the Department of Zoohygiene, Physiology and Biochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vyatka State Agricultural Academy”, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgsha.info, e-mail: ermsoz@mail.ru.

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.398-406>

УДК 636.2.082.2

Иммуногенетические показатели в селекции крупного рогатого скота симментальской породы

© 2019. Е. И. Анисимова ✉

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», г. Саратов, Российская Федерация

При разведении скота по линиям, когда внутри всего поголовья создается значительное генетическое сходство, большое значение имеет использование данных о группах крови. В 1995-2011 гг. изучали иммуногенетические показатели при совершенствовании наследственных качеств симментальского скота. Исследования крупного рогатого скота ($n = 1354$) проводили в племенном стаде хозяйства «Комбайн» Саратовской области. По результатам анализов выявлено 15 часто встречаемых аллелей по В-системе. Наиболее характерными для основных линий и стада в целом являются В-аллели $B_2G_2KE'_1O'$ (12,4%), $O_1I'Q'$ (15,2%), $O_3QA'_2E_1J_2$ (25,3%). Вместе с тем, в стаде имеются аллели, не встречаемые в других зонах: $B_2O_1Y_2D'$ – 2,5%, $B_2O_3Y_2A'_2E_2P'_2Q'$ – 2,2%, $I_1E'_2G''$ – 2,2%, $Y_2A'_1D'E'$ – 1,1%. Расчеты показали, что между коровами линий Флориана и Фасадника, а также Фасадника и Мергеля имеется генетическое сходство (величина индекса составила 0,89 и 0,91). Различия установлены между животными линий Флориана и Мергеля ($r = 0,76$). Высокое генетическое сходство линий связано с использованием кроссов между ними. Коэффициент гомозиготности в линиях варьирует от 9 до 22%. Выявлено, что генетической меткой для линии Мергеля являются В-аллели $O_1T_1E'_3F'K'$ и O' . Специфическими или маркерными В-аллелями для линии Фасадника является $BO_1T_1E'_3F'K'$, Мергеля – $O_1T_1E'_3F'K'$. Сопоставляя аллели групп крови животного с таковыми родоначальника, можно судить о его принадлежности к данной линии.

Ключевые слова: стадо, аллель, группа крови, линия, семейство, генетическое сходство

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока (тема № 0751-2016-0004).

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Анисимова Е. И. Иммуногенетические показатели в селекции крупного рогатого скота симментальской породы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4): 398-406. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.398-406>

Поступила: 22.03.2019 Принята к публикации: 16.07.2019 Опубликована онлайн: 30.08.2019

Immunogenetic indicators in Simmental cattle breeding

© 2019. Ekaterina I. Anisimova ✉

Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, Russian Federation

Immunogenic analysis allows to identify the genetic effect of individuals on the total gene pool of the herd and the formation of the allele pool in certain groups of animals. Of great importance is the use of data on blood types when breeding livestock along the lines, when significant genetic similarity is created within the entire population. Studies of Simmental cattle were conducted in 1995-2011. According to the results of the analyzes in the breeding herds of the "Combine" farm and the "Abodimovskiy" farm of the Saratov region, 15 of the most frequently encountered B-system alleles were identified. Comparative analysis of alleles showed that B-alleles $B_2G_2KE'_1O'$ (12.4%), $O_1I'Q'$ (15.2%), $O_3QA'_2E_1J_2$ (25.3%) are the most characteristic for the main lines and the herd as a whole. However, in the herd there are alleles that are not found in other zones - $B_2O_1Y_2D'$ - (2.3%), $B_2O_3Y_2A'_2E_2P'_2Q'$ - (2.1%), $I_1E'_2G''$ - (2.1%), $Y_2A'_1D'E'$ - (1.0%). This indicates that the studied group represents a kind of population that can be attributed to the Volga zonal type. Genetic affinity between the lines, groups of bulls, families was determined on the basis of the genetic similarity index (r). An index of up to 0.5 is considered to indicate a significant genetic dissociation of the compared groups of animals, up to 0.80 - of the existing genetic differences, with above 0.80 - for the presence of genetic similarities between the compared groups of livestock. The calculations showed that there is a genetic similarity between the cows of the Florian and Fasadnik lines, as well as the Fasadnik and Mergel, in the herd of the "Combine" state farm (the index value was 0.89 and 0.91) The differences were established between the animals of the Florian and the Mergel lines ($r = 0.76$). The high genetic similarity between the lines is due to the use of crosses between them. The homozygosity coefficient in the lines varies from 9 to 22%.

Key words: herd, allele, blood group, line, family, genetic similarity

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the Agriculture Research Institute of the South-East Region (theme № 0751-2016-0004).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

Продуктивные качества крупного рогатого скота являются следствием совокупного влияния наследственности и среды. В значительной мере изменчивость молочной продуктивности зависит от условий среды. На степень её проявления влияет генетический потенциал организма. Совершенствование наследственных задатков продуктивных качеств животных возможно лишь при его точной и надежной оценке. Именно особенности генотипа конкретного животного определяют его племенные качества, так как они детерминированы целым комплексом наследуемых генов. Одним из методов объективной оценки племенного достоинства животных является изучение иммуногенетических показателей.

В целях повышения эффективности селекции в настоящее время широко используется иммуногенетический метод установления достоверности происхождения животных, маркирования отдельных линий, родственных групп быков, семейств [1, 2, 3].

Группы крови можно использовать для изучения генофонда животных различных стад, определения уровня генетического разнообразия между породами и отдельными группами животных, что дает возможность отбирать исходный материал для селекции на основе оценки уровней внутри- и межпородной дифференциации. Кроме того, это позволяет осуществлять гетерогенный подбор родительских пар в целях повышения молочной продуктивности и оплодотворяемости маточного поголовья [4, 5, 6].

Иммуногенетический анализ дает возможность выявить генетическое влияние отдельных особей на общий генофонд стада и формирование аллелофонда у определенных групп животных. Особое значение приобретает использование данных о группах крови при разведении скота по линиям, когда внутри всего поголовья создается значительное генетическое сходство.

Под генетическим сходством понимают общность по некоторым генам, независимо от их гомо-, гетерозиготного состояния. Группы крови являются маркерами, позволяющими проследить это сходство внутри семейства и линии. Причем аллели родоначальников линий сохраняются или замещаются у их продолжателей. Та же тенденция сохраняется и в семей-

ствах. Степень генетической консолидации между особями разных линий можно установить на основании данных о группах крови. Создание генетической дифференциации между животными разных линий является одной из основных задач чистопородного разведения.

Установлено, что иммуногенетические маркеры (группы крови) могут характеризовать генетические особенности животных. Особенно важен иммуногенетический контроль при оценке племенной ценности быков [7, 8]. По мнению А. С. Всяких [9], использование генетических маркеров позволяет оценить генотипы производителей с учетом расщепления их в потомстве, выявлять лучшие их наследственные факторы, оказывающие наибольший эффект на продуктивные качества дочерей.

Цель исследований – изучить возможность использования иммуногенетических показателей крупного рогатого скота симментальской породы для эффективности селекции по линиям и семействам.

Материал и методы. Материалом исследований служили данные первичного зоотехнического учета: племенные карточки (форма – 1 и 2-мол), а также иммунологические карточки симментальских животных племхоза «Комбайн» Саратовской области. С 1995 по 2011 годы было изучено 1354 животных. Устанавливали частоту встречаемости В-аллелей крови по стаду в целом и в зависимости от линейной принадлежности животных; генетическое сходство между животными, принадлежащими к разным линиям, используя аллели по В-системе крови. Для определения генетического сходства между группами животных использовали формулу К. Малла и Г. Линдстрема:

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \cdot \sum y_i^2}},$$

где r – индекс генетического сходства; x_i, y_i – частоты идентичных аллелей в сравниваемых группах животных.

Считается, что индекс генетического сходства (r) в пределах до 0,50 указывает на значительную генетическую разобщенность сравниваемых групп животных, до 0,80 – на имеющиеся генетические различия, свыше

0,80 – на наличие генетического сходства сравниваемых групп скота [10, 11].

Для характеристики изменчивости животных разных линий и степени консолидации их внутри линий и стада рассчитывали коэффициент гомозиготности (C_a): $C_a = g^2$, где g^2 – частота встречаемости одного аллеля по В-системе групп крови¹.

Сочетаемость линий и семейств изучали на потомстве, полученном в результате подбора коров из наиболее многочисленных семейств и быков-производителей трех использованных линий: Флориана 374 ЦС-199, Фасадника 642 ЦС-9, Мергеля 2122 ЧС-266.

Результаты и их обсуждение. Работу по созданию высокопродуктивных стад симментальского скота с улучшенными технологическими признаками при чистопородном

разведении проводили с помощью традиционных методов селекции – по линиям и семействам под иммуногенетическим контролем.

По результатам тестирования животных совхоза «Комбайн» установили 15 наиболее часто встречаемых (свыше 1%) аллелей по В-системе (табл. 1). Из данных таблицы 1 следует, что наиболее характерными для основных линий и стада в целом являются В-аллели $B_2G_2KE'_1O'$ (12,4%), $O_1I'Q'$ (15,2%), $O_3QA'_2E'_1J'_2$ (25,3%). Они типичны для симментальской породы. Вместе с тем в стаде имеются аллели, не встречаемые в других зонах – $B_2O_1Y_2D'$ (2,5%), $B_2O_3Y_2A'_2E'_2P'_2Q'$ (2,2%), $I_1E'_2G''$ (2,2%), $Y_2A'_1D'E'_1$ (1,1%). Это свидетельствует о том, что исследуемая группа представляет своеобразную популяцию, которую можно отнести к Поволжскому зональному типу.

Таблица 1 – Частота встречаемости наиболее распространенных аллелей В-системы крови у симментальских коров

Table 1 – Frequency of the most common alleles of the B-system of blood in Simmental cows

В-аллели / B-alleles	Код аллеля / Alleles code	По стаду n = 279 / By the herd n=279	Линия / Lines		
			Флориана 374 / Florian 374	Фасадника 642 / Fasadnik 642	Мергеля 2122 / Mergel 2122
			n = 86	n = 83	n = 110
Всего аллелей / Total alleles	-	46	16	21	19
$B_2G_2KE'_1O'$	01	0,1236	0,1162	0,1204	0,1318
$B_2O_1Y_2D'$	02	0,0250	0,0407	0,0181	0,0182
$B_2O_3Y_2A'_2E'_2P'_2Q'$	03	0,0215	0,0465	-	-
$I_1E'_2G''$	06	0,0215	-	-	0,5450
$O_1I'Q'$	07	0,1523	0,1221	0,2229	0,1227
$O_1TE'_3$	08	0,0161	0,0858	-	0,0364
$O_1T_1E_3G'G''$	09	0,0556	0,0232	0,0860	0,1182
$O_1T_1E'_3G'O'G''$	10	0,0269	-	0,0361	0,0409
$O_1T_1G'G''$	11	0,0233	-	0,0120	0,0500
$O_3QA'_2E'_1J'_2$	13	0,2527	0,4362	0,1928	0,1591
$O_1Y_1D'G'$	14	0,0107	-	-	0,0273
$O_xY_1D'E'_2G'O'G''$	15	0,0125	-	-	0,0318
$Y_2A'_1D'E'_1$	16	0,0107	0,0053	0,0181	0,0091
O'	19	0,0340	-	0,0723	0,0318
Q'	20	0,0609	0,0116	0,0662	0,0636
Остальные редкие аллели / The remaining rare alleles	-	0,1527	0,1979	0,2351	0,1046

¹Попов Н.А., Саморуков Ю.В. Использование аллелофонда систем групп крови крупного рогатого скота при чистопородном разведении и скрещивании. Методические рекомендации. Дубровицы, 1996. 65 с.

За последние 15 лет в генетической структуре стада снизилось общее число В-аллелей, что свидетельствует о консолидации наследственных качеств скота. Возросло число животных с аллелями из числа часто встречающихся с 71,6 до 84,7%, концентрация части аллелей осталась на прежнем уровне. Увеличение или уменьшение частоты встречаемости других аллелей связаны с интенсивностью использования определенных быков-производителей.

Расчеты показали, что в стаде совхоза «Комбайн» между коровами линий Флориана и Фасадника, а также Фасадника и Мергеля имеется генетическое сходство (величина индекса составила 0,89 и 0,91). Различия установлены

между животными линий Флориана и Мергеля ($r = 0,76$). Высокое генетическое сходство между линиями связано с использованием кроссов между ними. Коэффициент гомозиготности в линиях варьирует от 9 до 22%.

В то же время наблюдается значительная генетическая разобщенность производителей разных линий, что важно для повышения эффективности селекции. Величина индекса генетического сходства для быков линий Флориан – Фасадник равна 0,24; Флориан – Мергель – 0,26; Фасадник – Мергель – 0,50. Об этом же свидетельствуют и данные иммуногенетического анализа родственных групп быков названных линий (рис. 1, 2, 3, 4).

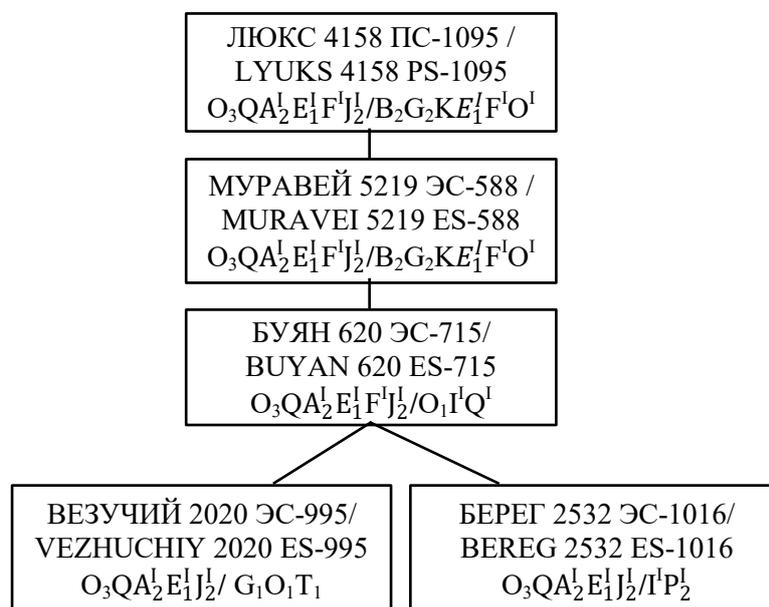


Рис. 1. Группа крови быков-продолжателей линии Флориана 374. Родственная группа Люкса 4158
Fig. 1. The blood type of bulls, followers of Florian 374 line. Lyuks Family Related Group 4158

Исследования показали, что целенаправленная работа по отбору и подбору линейных животных способствует созданию специфических линий, отличающихся по набору аллелей групп крови и их концентрации. Так, длительный отбор и подбор животных внутри линии Флориана подчеркивает генетическое сходство потомков с родоначальником. Аллель $O_3QA_2E_1F_1J_2$ в линии Флориана сохраняется в пяти поколениях его родственных групп. Концентрация этого аллеля увеличивается в каждом последующем поколении. Это связано с тем, что правнук Флориана Монолит 4262 (рис. 2) оказался гомозиготным по этому аллелю, и потому этот же аллель имеют все его сыновья. Внуки Пион 6715 и Рупор 2564 приобрели В-аллели родоначальника линии от своих матерей.

От отца же (быка Лакмус 5481) они получили аллель его матери – $BGKE_1F_1O_1$. Все потомки быка Люкс 4158 унаследовали аллель родоначальника линии – $O_3QA_2E_1F_1J_2$. Сохранение аллелей родоначальника отмечено в потомстве других линий.

Для линии Фасадника специфическими являются аллели Q и $BO_1T_1E_3F_1K_1$ (рис. 3). В родственной группе Кипариса 3769 внук Мрамор 7237 получил характерный для линии аллель деда – Q от своего отца – Удачного 6004. Закат 2370 имеет только аллель родоначальника группы от Уклада 6257 – $O_1I_1Q_1$. Следовательно, в группе Мрамор-Удачный сохраняется связь с родоначальником линии, а в группах Уклад-Закат, Пакет-Днепр эта связь утеряна.

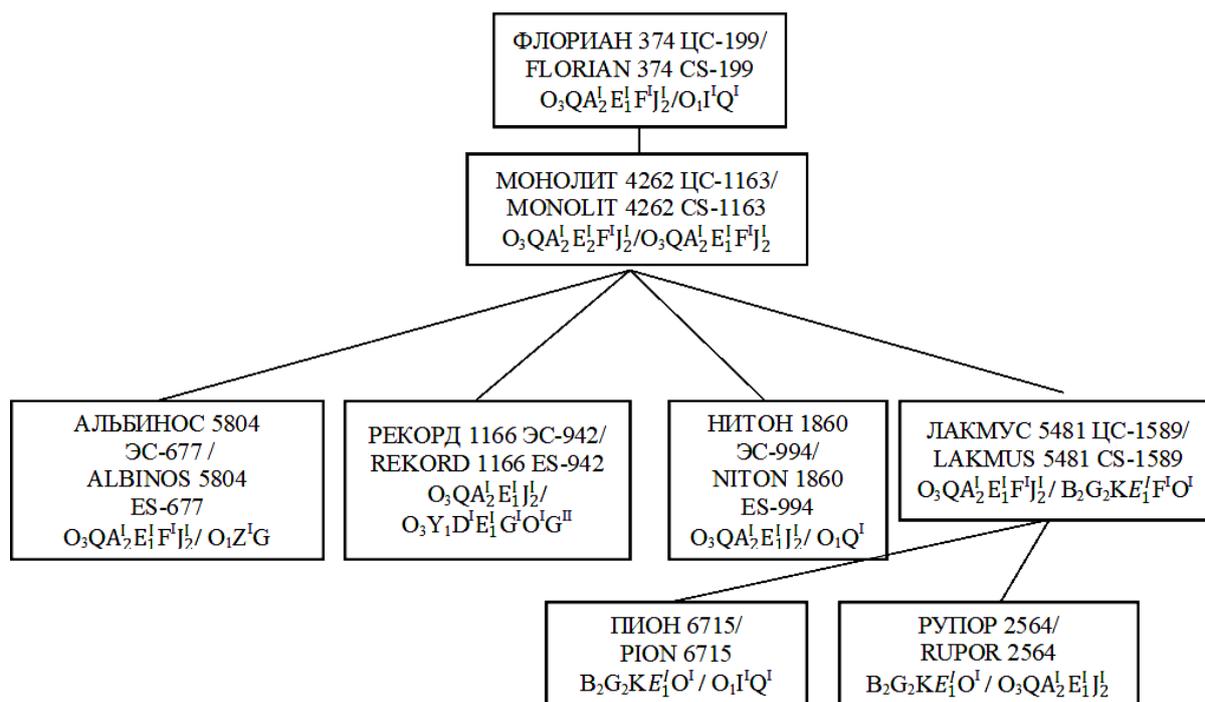


Рис. 2. Группа крови быков-продолжателей линии Флориана 374. Родственная группа Монолита 4262
Fig. 2. The blood type of bulls, followers of the Florian 374 line. Monolith 4262 related group

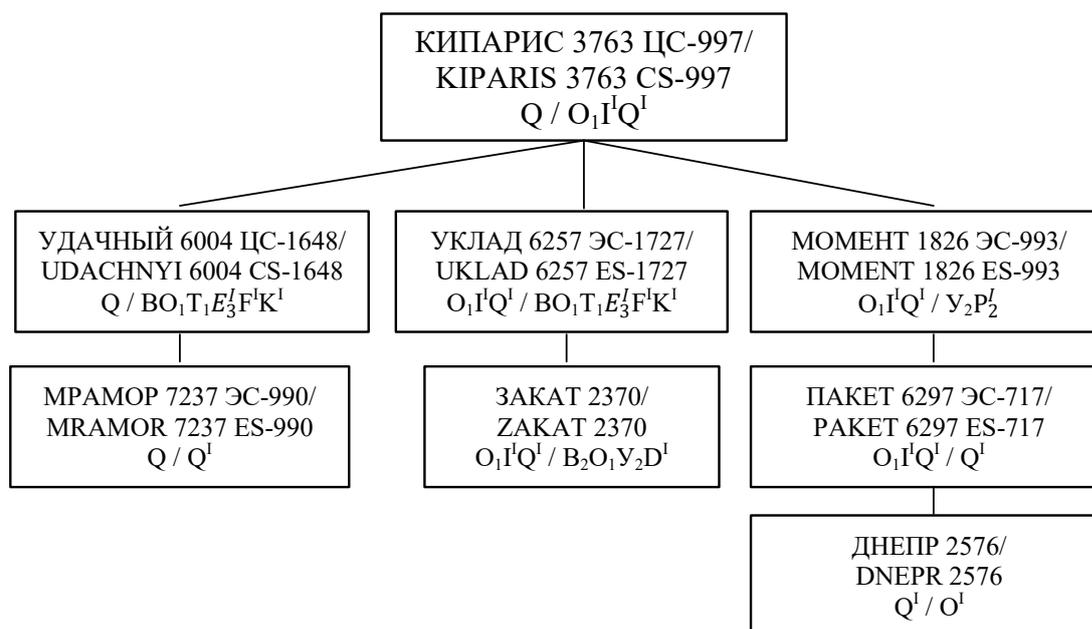


Рис. 3. Группа крови быков-продолжателей линии Фасадника 642
Fig. 3. The blood type of bulls, followers of the Fasadnik 642 line

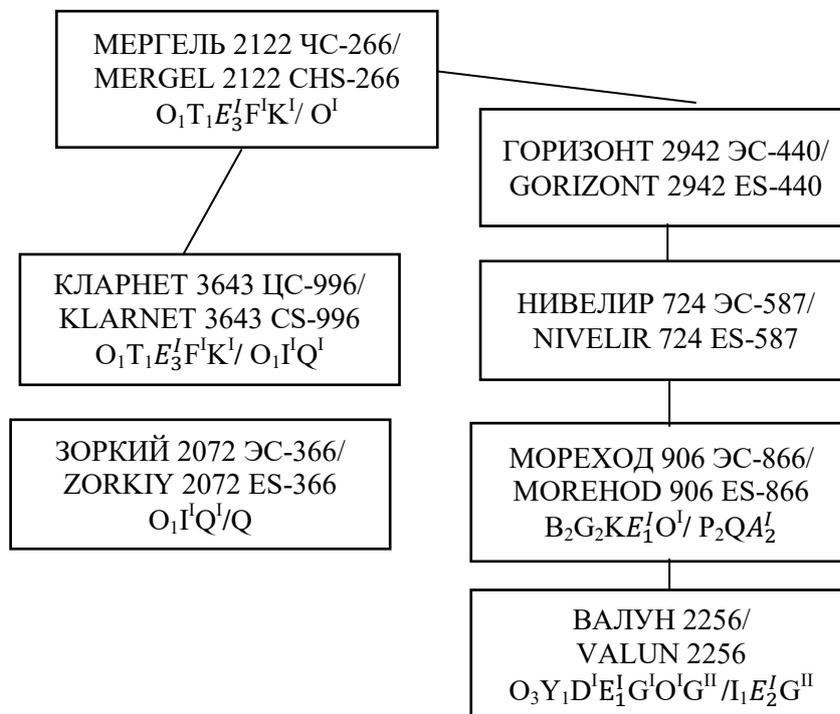
Генетическими метками для линии Мергеля являются В-аллели $O_1T_1E_3F'K'$ и O' . Бык Зоркий 2072 из группы Кларнета 3643 не имеет специфичного для линии Мергеля В-аллеля $O_1T_1E_3F'K'$ (рис. 4), то есть связь с родоначальником линии утеряна, но сохранена связь с родоначальником группы. Между животными родственных групп внутри линии выявлена

высокая степень генетического сходства. В линии Флориана между группами Монолита 4262 и Люкса 4158 индекс генетического сходства равен 0,95; в линии Фасадника между Кипарисом 3763 и Пакетом 6297 – 0,57. В то же время между быками линий Флориана и Фасадника, Флориана и Мергеля индекс генетического сходства составил соответственно

0,16 и 0,29; между линиями Фасадника и Мергеля этот показатель был выше – 0,50.

Следовательно, при значительном генетическом сходстве между быками родственных

групп, принадлежащих к одной линии, наблюдается большое генетическое разнообразие между производителями разных линий, что важно для целенаправленного отбора и подбора.



*Рис. 4. Группа крови быков-продолжателей линии Мергеля 2122
Fig. 4. The blood type of bulls, followers of the Mergel 2122 line*

С целью повышения эффективности селекции молочного скота важное значение имеет не только работа с линиями, но и с семействами. Это обусловлено тем, что между ними существует генетическая связь, поскольку каждое животное через отца является представителем линии, а через мать относится к определенному семейству [12, 13, 14].

Специфическими или маркерными В-аллелями для линий Фасадника являются $BO_1T_1E_3F_1K_1$, Мергеля – $O_1T_1E_3F_1K_1$. Сопоставляя аллели групп крови животного с таковыми родоначальника, можно судить о его принадлежности к данной линии. Поэтому иммуногенетический контроль является наиболее точным методом формирования родственных групп линий и семейств. Это можно проследить по генеалогической структуре имеющихся в стаде основных линий и родственных групп быков с учетом их иммунологического анализа крови (рис. 1, 2, 3, 4).

С целью разработки дальнейшего направления селекционной работы со стадом совхоза «Комбайн» на основании составленной генеалогической структуры семейств про-

веден их иммуногенетический анализ. Как видно из рисунков 1 и 2, родоначальник линии бык Флориан 374 ЦС 199 имел генотип $O_3QA_2E_1F_1J_2/O_1I_1Q_1$. Эти аллели являются маркерами для животных этой линии.

Было установлено, что животные, входящие в состав семейств, имеют широкий спектр В-аллелей крови как из числа маркеров линий, так и аллелей с незначительной концентрацией в стаде. Коровы, относящиеся к одному семейству, характеризуются высоким уровнем гомозиготности (17-33%) при значении этого показателя по стаду в целом равном 11%. Это свидетельствует о достаточной их консолидированности, что подтверждает высокий индекс генетического сходства, который установлен между многими изучаемыми семействами (табл. 2).

Установлено, что высокий уровень гомозиготности и генетического сходства линий и семейств обусловлен стойким сохранением в нескольких поколениях отдельных аллелей, характерных для данного стада и составляющих его основной генофонд.

Таблица 2 - Результаты оценки генетического сходства между отдельными семействами /
Table 2 – The results of the evaluation of genetic similarities between individual families

Кличка и инд. № родоначалъниц семеиств / Name and individual number of ancestors of families	Кличка и инд. № родоначалъниц семеиств / Name and individual number of ancestors of families										
	Бабочка 304 / Babochka 304	Булка 396 / Bulka 396	Жданка 45 / Zhdanka 45	Затя 314 / Sateya 314	Кама 80 / Kama 80	Малютка 48 / Maluytka 48	Меньшуха 102 / Men'shchukha 102	Минора 676 / Minora 676	Ночка 36 / Nochka 36	Рулетка 86 / Ruletka 86	Субботка 1089 / Subbotka 1089
Бабочка 304 / Babochka 304	-	0,58	0,46	0,92	0,56	0,47	0,41	0,61	0,71	0,43	0,45
Булка 396 / Bulka 396	-	-	0,87	0,66	0,83	0,92	0,89	0,62	0,64	0,74	0,75
Жданка 45 / Zhdanka 45	-	-	-	0,63	0,83	0,91	0,86	0,79	0,66	0,78	0,72
Затя 314 / Sateya 314	-	-	-	-	0,60	0,61	0,52	0,53	0,75	0,42	0,51
Кама 80 / Kama 80	-	-	-	-	-	0,91	0,86	0,78	0,83	0,69	0,81
Малютка 48 / Maluytka 48	-	-	-	-	-	-	0,92	0,73	0,76	0,74	0,59
Меньшуха 102 / Men'shchukha 102	-	-	-	-	-	-	-	0,66	0,53	0,94	0,77
Минора 676 / Minora 676	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,57	0,63
Ночка 36 / Nochka 36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,53	0,65
Рулетка 86 / Ruletka 86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61
Субботка 1089 / Subbotka 1089	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Заключение. Таким образом, в исследуемом стаде определены 15 наиболее часто встречаемых В-аллелей – свыше 1%, из числа которых выделены маркеры данного стада – В-аллели $B_2G_2KE'_1O'$, $O_1I'Q'$ и $O_3QA'_2E'_1J'_2$. Установлена значительная генетическая разобщенность у производителей разных линий $r = 0,24-0,50$, высокий уровень гомозиготности и генетическое сходство между многими семействами, а также между быками родственных групп, принадлежащих к одной линии. Следовательно, совершенствование симментальского скота в хозяйствах Саратовской

области следует осуществлять путем целенаправленной селекции по линиям и семействам под иммуногенетическим контролем при использовании эффективных методов отбора и подбора. Это позволит в раннем возрасте определять генотипы быков и прогнозировать их племенную ценность, путем заказных спариваний получать животных с желательными блоками наследственных факторов по В-системе крови, обуславливающих их высокую продуктивность, поддерживать генетическое сходство с родоначальником линии или родственной группой.

Список литературы

1. Недава В. Е., Подоба Б. Е., Буркат В. П., Власов В. Н. Повышение эффективности селекции крупного рогатого скота. Киев: изд-во «Урожай», 1985. С. 144-166.
2. Долматова И. Ю., Зиновьева Н. А., Горелов П. В., Ильясов А. Д., Гладырь Е. А., Траспов А. А., Сельцов В. И. Особенности аллелофонда башкирской популяции симментальского скота по микросателлитам. *Сельскохозяйственная биология*. 2011;(6):70-74. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/6-2011dolmatov.pdf>
3. Анисимова Е. И., Джунельбаев Е. Т. Влияние линейной принадлежности ремонтных телок на их рост и развитие. Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы II регион. научн.-практ. конф. Саратов, 2010. С. 446-448.
4. Дмитриев Н. Г., Бойков Ю. В., Басовский Н. З., Логинов Ж. Г., Прохоренко П. Н. Разведение скота по линиям необходимо совершенствовать. *Животноводство*. 1985;(8):42-45.
5. Анисимова Е. И., Катмаков П. С. Взаимосвязь между селекционными признаками у симментальских коров разных внутривидовых типов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;42(2):104-109. Режим доступа: [http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/b52/vestnik-2018-2\(42\).pdf](http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/b52/vestnik-2018-2(42).pdf)
6. Бугаев С. П., Волобуев В. В. Иммуногенетические маркеры молочной продуктивности в селекции крупного рогатого скота молочных и комбинированных пород. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016;(9):135-140. Режим доступа: <http://www.journal-kgsha.ru/data/documents/2016-09.pdf>
7. Попов Н. А., Марзанова Л. К. Аллелофонд крупного рогатого скота голштинской породы в племенных стадах Российской Федерации. *Зоотехния*. 2017;(6):9-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29422039>
8. Попов Н. А., Марзанова Л. К., Некрасов А. А., Федотова Е. Г. Аллелофонд голштинской породы и его использование для совершенствования молочности крупного рогатого скота Российской Федерации. *Молочное и мясное скотоводство*. 2018;(4):14-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35325824>
9. Всяких А. С. Генетика и продуктивность молочного скотоводства. Новое в жизни, науке и технике. Серия: «Сельское хозяйство». М., Знание. 1982. С. 32-45.
10. Шуайбов Т. М., Сердюк Г. Н., Бахарчиев Ш. З. Оценка генетической структуры популяций по иммуногенетическим маркерам при выведении породных групп зебундидного молочного скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2008;(2):35-39. Режим доступа: http://www.agrobiology.ru/articles/shuabov_2_2008.html
11. Воронцова А. А., Шукюрова Е. Б. Использование иммуногенетических маркеров при племенном подборе в молочном скотоводстве. *Растениеводство. Животноводство. Труды ДВНИИСХ*. Т. 2. Хабаровск, 2001. С. 164-169.
12. Боев М. М., Колышкина Н. С. Совершенствование методов селекции симментальского скота при разведении по линиям и семействам. *Курск*, 2001. С. 159-172.
13. Шукюрова Е. Б. Иммунобиохимические гены маркеры воспроизводительной способности голштинского крупного рогатого скота, разводимого в Хабаровском крае. *Инновационные технологии в сельском хозяйстве: материалы III Междунар. научн. конф. г. Казань, май 2017 г. Казань, Бук*. 2017. С. 9-21.
14. Вельматов А. П., Гурьянов А. М., Харитонов Д. Н., Вельматов А. А. Использование голштинских производителей голландской и датской селекции при совершенствовании красно-пестрого скота. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2009;12(1):85-88.

References

1. Nedava V. E., Podoba B. E., Burkat V. P., Vlasov V. N. *Povyshenie effektivnosti seleksii krupnogo rogatogo skota*. [Improving the efficiency of cattle breeding]. Kiev: izd-vo «Urozhay», 1985. pp. 144-166.
2. Dolmatova I. Yu., Zinov'eva N. A., Gorelov P. V., Ilyasov A. D., Gladyr' E. A., Traspov A. A., Sel'tsov V. I. *Osobennosti allelofonda bashkirskoy populyatsii simmental'skogo skota po mikrosatellitam*. [Features of the allelic fund of the Bashkir population of Simmental cattle on microsatellites]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2011;(6):70-74. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/6-2011dolmatov.pdf>

3. Anisimova E. I., Dzhunel'baev E. T. *Vliyaniye lineynoy prinadlezhnosti remontnykh telok na ikh rost i razvitiye*. [The influence of linear affiliation of replacement heifers on their growth and development]. *Zonal'nye osobennosti nauchnogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy II region. nauchn.-prakt. konf.* [In the collection: Zonal features of the scientific support of agricultural production. Proceedings of the II Regional Scientific and Practical Conference]. Saratov, 2010. pp. 446-448.

4. Dmitriev N. G., Boykov Yu. V., Basovskiy N. Z., Loginov Zh. G., Prokhorenko P. N. *Razvedeniye skota po liniyam neobkhodimo sovershenstvovat'*. [Livestock breeding along the lines must be improved]. *Zhivotnovodstvo*. 1985;(8):42-45. (In Russ.).

5. Anisimova E. I., Katmakov P. S. *Vzaimosvyaz' mezhdu selektsionnymi priznakami u simmental'skikh korov raznykh vnutriporodnykh tipov*. [The relationship between breeding characteristics of Simmental cows of different intrabreed types]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2018;42(2):104-109. (In Russ.). URL: [http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/b52/vestnik-2018-2\(42\).pdf](http://vestnik.ulsau.ru/upload/iblock/b52/vestnik-2018-2(42).pdf)

6. Bugaev S. P., Volobuev V. V. *Immunogeneticheskie markery molochnoy produktivnosti v selektsii krupnogo rogatogo skota molochnykh i kombinirovannykh porod*. [Immunogenetic markers of milk productivity in the breeding of dairy and combined breed cattle]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2016;(9):135-140. (In Russ.). URL: <http://www.journal-kgsha.ru/data/documents/2016-09.pdf>

7. Popov N. A., Marzanova L. K. *Allelofond krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porody v plemennykh stadakh Rossiyskoy Federatsii*. [Allelic fund of cattle of Holstein breed in pedigree herds of the Russian Federation]. *Zootekhniya*. 2017;(6):9-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29422039>

8. Popov N. A., Marzanova L. K., Nekrasov A. A., Fedotova E. G. *Allelofond golshtinskoj porody i ego ispol'zovanie dlya sovershenstvovaniya molochnosti krupnogo rogatogo skota Rossiyskoy Federatsii*. [Holstein breed allelic fund and its use to improve the milk production of cattle in the Russian Federation]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2018;(4):14-20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35325824>

9. Vsyakikh A. S. *Genetika i produktivnost' molochnogo skotovodstva. Novoe v zhizni, nauke i tekhnike. Seriya: «Sel'skoe khozyaystvo»*. [Genetics and productivity of dairy cattle breeding. New in life, science and technology. Series: "Agriculture"]. Moscow: *Znanie*. 1982. pp. 32-45.

10. Shuaybov T. M., Serdyuk G. N., Bakharchiev Sh.Z. *Otsenka geneticheskoy struktury populyatsiy po immunogeneticheskim markeram pri vyvedenii porodnykh grupp zebuvidnogo molochnogo skota*. [Evaluation of the genetic structure of populations by immunogenetic markers when breeding groups of zebu dairy cattle]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2008;(2):35-39. (In Russ.). URL: http://www.agrobio.ru/articles/shuaybov_2_2008.html

11. Vorontsova A. A., Shukyurova E. B. *Ispol'zovanie immunogeneticheskikh markerov pri plemennom podbore v molochnom skotovodstve*. [The use of immunogenetic markers for breeding in dairy cattle breeding]. *Rasteniyevodstvo. Zhivotnovodstvo. Trudy DVNIISKh*. Vol. 2. Khabarovsk, 2001. pp. 164-169.

12. Boev M. M., Kolyshkina N. S. *Sovershenstvovanie metodov selektsii simmental'skogo skota pri razvedenii po liniyam i semeystvam*. [Improving the methods of Simmental cattle breeding along lines and families]. *Kursk*, 2001. pp. 159-172.

13. Shukyurova E. B. *Immunobiokhimicheskie geny markery vosproizvoditel'noy sposobnosti golshtinskogo krupnogo rogatogo skota, razvodimogo v Khabarovskom krae*. [Immunobiochemical genes markers of the reproductive ability of Holstein cattle bred in the Khabarovsk Territory]. *Innovatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaystve: materialy III Mezhdunar. nauchn. konf. g.Kazan', may 2017 g.* [Innovative Technologies in Agriculture: Proceedings of the 3rd Intern. Scientific Conference, Kazan, May 2017]. Kazan': *Buk*, 2017. pp.9-21.

14. Vel'matov A. P., Gur'yanov A. M., Kharitonov D. N., Vel'matov A. A. *Ispol'zovanie golshtinskikh proizvodi-teley gollandskoj i datskoj selektsii pri sovershenstvovanii krasno-pestrogo skota*. [The use of Holstein producers of Dutch and Danish breeding in the improvement of red-motley cattle]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2009;12(1):85-88. (In Russ.).

Сведения об авторе:

✉ **Анисимова Екатерина Ивановна**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», ул. Тулайкова, д. 7, г. Саратов, Российская Федерация, 410010, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5457-3072>, e-mail: anisimova_science@mail.ru

Information about the author:

✉ **Ekaterina I. Anisimova**, DSc in Agriculture, leading researcher, Agricultural Research Institute for South-East Region, 7, Tulaikov Street, Saratov, Russian Federation, 410010, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5457-3072>, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

✉ - Для контактов / Corresponding author

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.407-419>

УДК 631.362.3



Анализ процесса погружения зерновок в жидкостях с различной удельной массой

© 2019. В. Е. Сaitov^{1,2}, В. Г. Фарафонов², А. В. Сaitov²

¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Российская Федерация

В зерновом ворохе, кроме зерна, содержатся примеси, в том числе ядовитые склероции спорыньи. Зерно и склероции спорыньи по линейным размерам и скорости витания имеют схожие характеристики. Полное разделение зерна от спорыньи по данным свойствам за один технологический процесс невыполнимо. Очистка семян от склероций спорыньи, имеющих удельную массу меньшую, чем удельная масса зерна, возможна в растворе соли. Для механизации выделения склероций спорыньи из семян ржи мокрым способом актуальным вопросом является разработка соответствующего устройства. Рассматривается погружение в воде ($\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) и водных растворах хлористого натрия (NaCl) с удельной массой $\rho_{ж} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ отдельно взятых зерен ржи при их удельной массе $\rho_z = 1,2 \dots 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, длине $l_z = 5,0 \dots 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, ширине $v = 1,4 \dots 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и толщине $\delta = 1,2 \dots 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Теоретические исследования проведены на основе методов математического моделирования с использованием законов гидродинамики, которые подтверждены экспериментальными исследованиями с зернами озимой ржи сорта Фаленская 4 с удельной массой $\rho_z = 1,1 \dots 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, длиной $l_z = 5,0 \dots 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, шириной $v = 1,4 \dots 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и толщиной $\delta = 1,2 \dots 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Установлено, что расчетные значения скоростей погружения зерновок цилиндрической и сфероидальной форм в сравнении с экспериментальными значениями в воде ($\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) составляют не более 2%, а в водных растворах хлористого натрия (NaCl) удельной массой $\rho_{ж} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ – 7 и 10% соответственно. Данный подход определения скорости погружения зерна в жидкости можно использовать при разработке машины очистки зернового материала по удельной массе мокрым способом для обоснования ее конструктивно-технологических параметров.

Ключевые слова: озимая рожь, склероции спорыньи, зерноочистительная машина, пневматический сортировальный стол, цилиндрическая зерновка, сфероидальная зерновка, водные растворы, поверхностное натяжение

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № 0767-2019-0094).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сaitov В. Е., Фарафонов В. Г., Сaitov А. В. Анализ процесса погружения зерновок в жидкостях с различной удельной массой. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(4): 407-419. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.407-419>

Поступила: 09.01.2019

Принята к публикации: 25.07.2019

Опубликована онлайн: 30.08.2019

Analysis of the process of immersion of kernels in liquids with different specific mass

© 2019. Victor E. Saitov^{1,2}, Vyacheslav G. Farafonov², Aleksey V. Saitov²

¹Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,

²Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russian Federation

In a grain pile there is material other than grain including poisonous ergot sclerotia. Grain and sclerotia of ergot by linear dimensions and speed of soaring have similar characteristics. Complete separation of grain from ergot by these properties in a single process is impossible. Cleaning seeds from ergot sclerotia with the specific mass less than the specific mass of grain is possible in a salt solution. To mechanize the separation of ergot sclerotia from rye seeds by the wet method, there is an urgent need in the development of an appropriate device. Under study was an immersion in water ($\rho_{zh} = 1.0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) and aqueous solutions of sodium chloride (NaCl) with a specific mass $\rho_{zh} = 1.09 \cdot 10^3$ and $1.15 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ of individual rye grains with their specific mass $\rho_z = 1.2 \dots 1.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, length $l_z = 5.0 \dots 10.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, width $v = 1.4 \dots 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ and thickness $\delta = 1.2 \dots 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. Theoretical studies were carried out on the basis of mathematical modeling methods using the laws of hydrodynamics, which were confirmed by experimental studies with winter rye grains of the Falenskaya 4 variety with a specific mass $\rho_z = 1.1 \dots 1.3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, length

$l_z = 5.0...8.0 \cdot 10^{-3}$ m, width $e = 1.4...3.6 \cdot 10^{-3}$ m and thickness $\delta = 1.2...3.5 \cdot 10^{-3}$ m. It has been established that the calculated values of the immersion velocity of cylindrical kernels and spheroidal kernels in comparison with the experimental values in water ($\rho_{zh} = 1.0 \cdot 10^3$ kg/m³) is not more than 2%, and in aqueous solutions of sodium chloride (NaCl) the specific mass $\rho_{zh} = 1.09 \cdot 10^3$ and $1.15 \cdot 10^3$ kg/m³ – 7 and 10%, respectively. This approach to determining the speed of immersion of grain in liquid can be used in the development of the machine for cleaning grain according to specific mass using wet method to substantiate its structural and technological parameters.

Key words: winter rye, ergot sclerotia, grain cleaning machine, pneumatic sorting table, cylindrical kernel, spheroidal kernel, water solutions, surface tension

Acknowledgement: scientific work was performed in the framework of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme 0767-2019-0094).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Saitov V. E., Farafonov V. G., Saitov A. V. Analysis of the process of immersion of kernels in liquids with different specific mass. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(4): 407-419. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.407-419>

Received: 09.01.2019

Accepted for publication: 25.07.2019

Published: 30.08.2019

Зерно является древнейшим продуктом питания человека, а впоследствии с развитием производительности труда и достаточным его производством – кормом для сельскохозяйственных животных [1, 2].

В настоящее время достаточно механизировано производство зерна и подготовка семенного материала. В результате зерновой ворох, доставленный от зерноуборочных комбайнов на пункты послеуборочной обработки, представляет собой смесь полноценного, мелкого, щуплого, избитого и изъеденного зерна основной культуры, зерен и семян других зерновых и зернобобовых культур и различных сорных растений, включающих и вредные [3]. К вредной примеси относятся ядовитые семена различных сорняков. Ядовитыми свойствами и горьким вкусом обладают семена горчицы, плевела, куколя и прочих ядовитых растений. Кроме перечисленных ядовитых семян сорных растений, к вредной примеси относятся головня и ядовитые склероции (рожки) спорыньи¹ [4, 5, 6, 7, 8]. Поэтому для получения качественного и экологически чистого зерна, пригодного для пищевых, технических и семенных целей, необходима очистка зернового вороха, задачей которой является выделение всех примесей, в особенности вредных, в том числе и ядовитых. Применение различных и сложных по конструкции зерноочистительных машин и других устройств не дает положительных результатов при очистке зернового материала от ядовитых склероций спорыньи из-за близости их физико-механических свойств по ширине, толщине, длине и скоро-

сти витания. Использование сложных по устройству и дорогостоящих по цене фотосепараторов, предназначенных для выделения различных сорных примесей по цвету, также невозможно для отделения ядовитых склероций (рожков) спорыньи от зерна из-за мутирования первых в последнее время и подстраивания их под цвет зерна [9, 10, 11, 12].

Однако зерна ржи имеют большую удельную массу ($\rho_s = 1,2...1,5 \cdot 10^3$ кг/м³), чем склероции спорыньи ($\rho_c = 0,9...1,15 \cdot 10^3$ кг/м³)². Поэтому практически 100% очистка семян от ядовитых склероций спорыньи, отличающихся удельной массой от зерна, возможна в водных растворах различных неорганических солей³.

Для механизации выделения склероций спорыньи из семян ржи мокрым способом актуальным вопросом является разработка устройства очистки зернового материала, отличающегося простотой по конструкции и малой энергоемкостью технологического процесса. При разработке машины очистки зернового материала по удельной массе мокрым способом и выполнения ею технологического процесса с надлежащей эффективностью выделения склероций спорыньи требуется обоснование ее конструктивно-технологических параметров.

Цель исследования – теоретическое и экспериментальное определение скорости погружения зерновок в жидкостях с различной удельной массой для обоснования конструктивно-технологических параметров машины по отделению спорыньи от зерна мокрым способом с целью выполнения ею с надлежащей эффективностью технологического процесса.

¹Вредная примесь в зерне [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rsns.ru/documents/publications/?n=57> (дата обращения 28.11.2018).

²Павловский Г.Т., Птицын С.Д. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. 2-е изд., исправ. и доп. М.: Высшая школа, 1972. 256 с.

³Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. Мн.: Современная школа, 2005. 608 с.

Материал и методы. Теоретические и практические исследования проведены в 2018...2019 гг. на базе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и ФГБОУ ВО Вятская ГСХА на основе методов математического моделирования с использованием законов гидродинамики.

Рассматривали теорию погружения отдельно взятых зерен ржи при их удельной массе $\rho_3 = 1,2...1,5 \cdot 10^3$ кг/м³, длине $l_3 = 5,0...10,0 \cdot 10^{-3}$ м, ширине $e = 1,4...3,6 \cdot 10^{-3}$ м и толщине $\delta = 1,2...3,5 \cdot 10^{-3}$ м [3] в жидкостях различной удельной массы в устройстве по отделению спорыньи от зерна мокрым способом.

При проведении практических экспериментов рассматривали движение в воде ($\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) и водных растворах хлори-

стого натрия (NaCl) с удельной массой $\rho_{ж} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ отдельно взятых зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 при их удельной массе $\rho_3 = 1,1...1,3 \cdot 10^3$ кг/м³, длине $l_3 = 5,0...8,0 \cdot 10^{-3}$ м, ширине $e = 1,4...3,6 \cdot 10^{-3}$ м и толщине $\delta = 1,2...3,5 \cdot 10^{-3}$ м [13].

Для оценки скорости погружения зерновок в жидкости использован стеклянный сосуд, имеющий длину 0,35 м, ширину 0,20 м и высоту 0,15 м. Определение времени погружения зерновок в воду или водный раствор соли осуществляли между двумя метками, которые располагались на расстоянии 0,01 м от верхней кромки жидкости и от дна сосуда. Высота $h_{н1}$ столба воды между данными метками составляла 0,135 м (рис. 1).

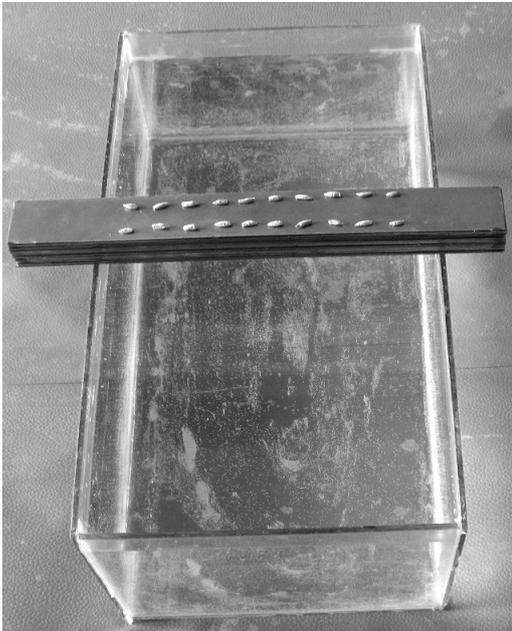


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования погружения зерна в жидкости / Fig. 1. Experimental setup for the study of the immersion of grain in liquid

Рациональная высота h падения зерновок в воду или водный раствор соли, при которой происходило 100% преодоление поверхностного натяжения жидкости зерновками без захвата пузырька воздуха и погружение их в ней, составляла 0,050 м. Высота h падения зерновок обеспечивалась с помощью набора металлических пластин, устанавливаемых над сосудом. Зерновки устанавливали на верхнюю пластинку и сбрасывали в воду или водный раствор соли [14, 15].

Измерение размеров изготовленного прозрачного стеклянного сосуда, высоты $h_{н1}$ столба воды или водного раствора соли между метками, а также высоты h сбрасывания зерновок в воду или в водный раствор соли производили с помощью металлической линейки с миллиметровыми делениями. Время $t_{i,3}$ движения зернов-

ки в воде или водном растворе соли между двумя метками определяли с помощью компьютерного секундомера. Процесс движения зерновки в жидкости и секундомер фиксировали видеосъемкой телефоном OnePlus 3T с частотой 120 кадров в секунду и затем просматривали покадрово. С учетом фиксации двух кадров, соответствующих касанию зерновкой верхней и нижней меток, время $t_{i,3}$ движения i -ой зерновки между данными метками столба жидкости определяли с точностью $2/120$ с $\approx 0,02$ с.

Среднее арифметическое значение времени движения зерновок в жидкости определяли по выражению:

$$t_{cp,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{i,3}, \quad (1)$$

где N – число измерений времени движения зерновок в жидкости, $N = 20$ шт.

Средние квадратические отклонения измерений времени движения зерновок в жидкости определяли по формуле⁴:

$$S_3(t) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_{i,3} - t_{cp,3})^2}. \quad (2)$$

Абсолютные погрешности измерений времени движения зерновок в жидкости определяли по выражению⁵:

$$\Delta t_3 = \frac{t_{p,N} S_3}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

где $t_{p,N}$ – табличный коэффициент Стьюдента, определяемый по доверительной вероятности $p = 0,95$ и числу измерений $N = 20$, $t_{0,95; 20} = 2,09^6$.

Общая погрешность измерений времени движения зерновок в жидкости равна:

$$\Delta t_{общ,3} = \sqrt{\Delta t_3^2 + \Delta t_{инст.}^2}, \quad (4)$$

где $\Delta t_{инст.}$ – инструментальная погрешность измерения времени движения зерновок в жидкости, $\Delta t_{инст.} = 0,02$ с.

Относительную погрешность определения скорости движения зерновки в жидкости рассчитывали по формуле⁷:

$$\varepsilon_{v_3} = \sqrt{\left(\frac{\Delta t_{общ,3}}{t_{cp,3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h_{n1}}{h_{n1}}\right)^2}, \quad (5)$$

где Δh_{n1} – абсолютная погрешность определения высоты столба жидкости (половина цены деления линейки), $\Delta h_{n1} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м; h_{n1} – высота столба жидкости между нанесенными метками на стенке стеклянного сосуда $h_{n1} = 0,135$ м.

Тогда абсолютную погрешность косвенного определения скорости движения зерновки в жидкости выражали формулой:

$$\Delta v_3 = \varepsilon_{v_3} \cdot v_{cp,3}, \quad (6)$$

где $v_{cp,3}$ – среднее арифметическое значение скорости движения зерновок в жидкости.

Среднее арифметическое значение скорости движения зерновок в жидкости между нанесенными метками на стенке сосуда вычисляли по формуле:

$$v_{cp,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_{i,3}, \quad (7)$$

где $v_{i,3}$ – скорость i -ой зерновки при погружении ее в жидкости, м/с.

В результате доверительные интервалы для оценки достоверности средних значений скоростей движения зерновок в жидкостях с различной удельной массой, полученных опытным путем, определяли по формуле⁸:

$$v_3 = v_{cp,3} \pm \Delta v_3. \quad (8)$$

Обработку полученных теоретических и экспериментальных данных проводили на персональном компьютере с помощью пакета программ офисной документации по статистической обработке информации Microsoft Excel 2013⁹ и специальной программы по статистической обработке данных Sigma Plot 8.0¹⁰.

Результаты и обсуждение. Скорость v_3 и длительность t_n погружения зерна в жидкости являются одними из основных параметров, учитываемых при разработке машины очистки зернового материала мокрым способом от склероций спорыньи. Значения данных величин определяют конструктивно-технологические параметры разрабатываемой машины.

Для определения скорости v_3 и длительности t_n погружения зерна в жидкости с ее поверхности до дна ванны машины отделения спорыньи необходимо учесть геометрические формы зерновок, имеющие большое многообразие. Геометрические модели данных зерновок можно представить в виде поперечно обтекаемого жидкостью цилиндра (цилиндрическая зерновка) и вытянутого эллипсоида вращения вокруг большой оси (сфероидальная зерновка).

Из наблюдений установлено, что при падении зерновки на поверхность жидкости и преодоления силы поверхностного натяжения она двигается в жидкости, ориентируясь в основном плашмя вследствие асимметричности расположения ее центра тяжести. Поэтому движение в жидкости цилиндрической и сфероидальной зерновок рассматриваем плашмя. Схема сил, действующих на зерновку при движении в жидкости, приведена на рисунке 2.

⁴Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. 3-е изд., испр. и доп. Л.: Наука, 1968. 97 с.

⁵Там же. С. 12-14.

⁶Там же. С. 83-86.

⁷Там же. С. 12-14.

⁸Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. С. 42-45.

⁹Лебедев А. Н. Понятный самоучитель Excel 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://kachat-knigi.ru/excel-uchebnik/2014-06-24-Ponyatnyj-samouchitel-Excel-2013.htm> (дата обращения: 01.06.2018).

¹⁰Sigma Plot [Электронный ресурс]. URL: http://xumuktutor.ru/view_programm.php?id=5 (дата обращения: 11.05.2018).

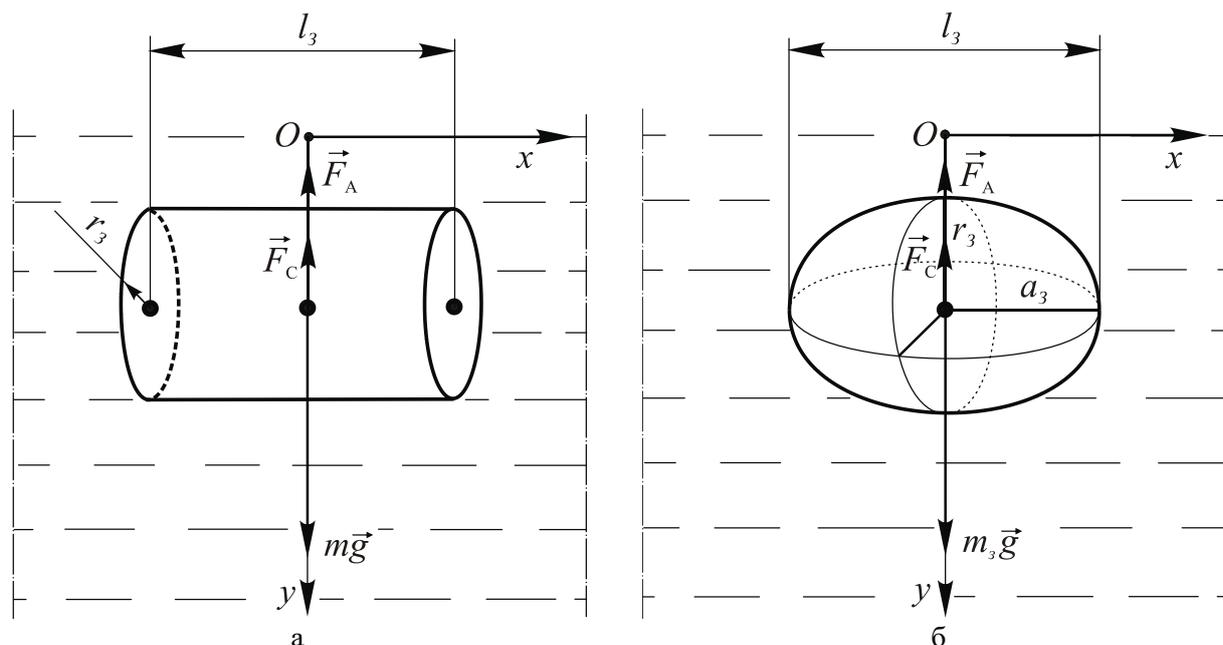


Рис. 2. Схема сил, действующих на цилиндрическую (а) и сфероидальную (б) зерновки при движении в жидкости /

Fig. 2. Diagram of the forces acting on the cylindrical (a) and spheroidal (b) kernels when moving in liquid

На зерновку будут действовать сила $m_3\vec{g}$ тяжести, сила \vec{F}_A Архимеда и сила \vec{F}_C гидродинамического сопротивления. Тогда, согласно второму закону Ньютона, в проекции на ось y имеем следующее уравнение¹¹:

$$m_3g - F_A - F_C = m_3a, \quad (9)$$

где m_3 – масса зерновки, кг; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; a – ускорение зерновки при ее движении в жидкости, м/с^2 .

Масса цилиндрической зерновки будет равна:

$$m_3 = V_3\rho_3 = \pi r_3^2 l_3 \rho_3, \quad (10)$$

где V_3 – объем зерновки, м^3 ; r_3 – радиус зерновки, рассматриваемой в виде цилиндра, м; l_3 – длина зерновки, м; ρ_3 – удельная масса зерновки, кг/м^3 .

Сила Архимеда F_A при движении в жидкости цилиндрической зерновки равняется весу вытесненной цилиндром жидкости¹²:

$$F_A = V_3\rho_{ж}g = \pi r_3^2 l_3 \rho_{ж}g, \quad (11)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, для воды $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

В работе С.С. Кутателадзе¹³ рассмотрен поперечно обтекаемый жидкостью с постоянной скоростью цилиндр, приводятся число Рейнольдса Re и сила F , действующая со стороны жидкости на единицу длины цилиндра (Н/м):

$$Re = \frac{2ru}{\nu}, \quad F = 2cr\rho_{ж}u^2, \quad (12)$$

где r – радиус цилиндра (в данной работе $r = r_3$), м; u – скорость жидкости, обтекающей цилиндр (в данной работе $u = v_3$), м/с; v_3 – постоянная скорость движения зерновки в жидкости, м/с; ν – кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$; c – коэффициент гидродинамического сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса Re .

Полная сила F_C гидродинамического сопротивления, действующая со стороны жидкости на зерновку длиной l_3 , выражается формулой:

$$F_C = Fl_3 = 2cr_3 l_3 \rho_{ж} v^2, \quad (13)$$

где v – переменная скорость движения зерновки в жидкости, м/с.

¹¹Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 365 с.

¹²Андреев Н. Н., Ржевкин С. Н., Горелик Г. С. Курс физики. - Под редакцией Папалекси Н. Д. М.: Гостехиздат, 1948. 600 с.

¹³Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. 1990. С. 150.

Тогда уравнение (9) для цилиндрической зерновки с учетом выражений (10), (11) и (13) примет следующий вид:

$$\pi r_3^2 l_3 \rho_3 g - \pi r_3^2 l_3 \rho_{жс} g - 2cr_3 l_3 \rho_{жс} v^2 = \pi r_3^2 l_3 \rho_3 a. \quad (14)$$

Выразим ускорение a зерновки из уравнения (14):

$$a = \frac{g(\rho_3 - \rho_{жс})}{\rho_3} - \frac{2c\rho_{жс}}{\pi r_3 \rho_3} \cdot v^2. \quad (15)$$

Введем обозначения:

$$b^2 = \frac{g(\rho_3 - \rho_{жс})}{\rho_3}, \quad d^2 = \frac{2c\rho_{жс}}{\pi r_3 \rho_3}, \quad (16)$$

тогда после преобразований соотношения (15), с учетом обозначений (16), получим уравнение для определения ускорения зерновки при ее движении в жидкости после преодоления ее поверхностного натяжения

$$a = \frac{dv}{dt} = b^2 - d^2 v^2, \quad (17)$$

где t – текущее время, с.

Скорость v движения зерновки в жидкости в зависимости от времени t находим интегрированием дифференциального уравнения (17):

$$\int dt = t = \int \frac{dv}{b^2 - d^2 v^2} = \frac{1}{2bd} \ln \left| \frac{\frac{b}{d} + v}{\frac{b}{d} - v} \right| + C_1 \quad (18)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

Полагаем, что после падения зерновки и при преодолении ею поверхностного натяжения жидкости ее скорость будет нулевой ($v(0) = 0$), что предотвращает кумулятивный эффект и захват зерновкой пузырька воздуха. Тогда постоянная интегрирования $C_1 = 0$. После обозначений

$$\tau = \frac{1}{2bd} = \sqrt{\frac{\pi r_3 \rho_3^2}{8c g \rho_{жс} (\rho_3 - \rho_{жс})}}, \quad (19)$$

$$v_0 = \frac{b}{d} = \sqrt{\frac{\pi r_3 g (\rho_3 - \rho_{жс})}{2c \rho_{жс}}} \quad (20)$$

и преобразований уравнения (18) получим

$$\ln \left| \frac{v_0 + v}{v_0 - v} \right| = \frac{t}{\tau}, \quad (21)$$

где v_0 – скорость зерновки, к которой после преодоления поверхностного натяжения жидкости стремится скорость v , с которой будет

в дальнейшем двигаться зерновка в жидкости, м/с; τ – параметр, определяющий время движения зерновки с момента преодоления поверхностного натяжения жидкости до установления постоянной скорости v_0 , с.

Время τ является характерным временем для ускоренного или замедленного (если скорость зерновки после преодоления поверхностного натяжения жидкости будет больше v_0) движения каждой зерновки и определяется геометрической формой, физико-механическими свойствами зерновки ρ_3 , r_3 , удельной массой $\rho_{жс}$ жидкости, коэффициентом c гидродинамического сопротивления жидкости.

Скорость v зерновки в жидкости будет возрастать от нуля до v_0 , поэтому модуль в уравнении (13) при его преобразовании можно отбросить, тогда

$$v = \frac{dy}{dt} = v_0 \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t}{\tau}} + 1}. \quad (22)$$

Интегрируем дифференциальное уравнение (22):

$$\int_0^{h_1} dy = v_0 \int_0^{t_1} \frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t}{\tau}} + 1} dt, \quad (23)$$

где h_1 – текущее расстояние, пройденное зерновкой в жидкости, м; t_1 – время, за которое зерновка проходит расстояние h_1 , с.

Тогда получим зависимость пройденного зерновкой в жидкости расстояния h_1 от затраченного на это время t_1

$$h_1 = v_0 \left(2\tau \ln(e^{\frac{t_1}{\tau}} + 1) - t_1 \right). \quad (24)$$

Заменяя в уравнении (24) расстояние h_1 на высоту h_n жидкости в ванне машины выделения склероций спорыньи, а t_1 на время t_n погружения зерновки в жидкости от момента преодоления поверхностного натяжения до дна ванны, получим

$$2\tau \ln \left(e^{\frac{t_n}{\tau}} + 1 \right) - t_n = \frac{h_n}{v_0}. \quad (25)$$

Уравнение (25) дает зависимость времени t_n погружения зерновки до дна от высоты h_n столба жидкости в ванне.

Для определения коэффициента c гидродинамического сопротивления найдем значение числа Рейнольдса Re для скорости зерновки в жидкости $v_3 = u = 0,1$ м/с, определенной предварительными опытами, значения

кинематической вязкости воды $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при температуре 20°C и среднего радиуса $r_{\text{ср.з}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ зерновки модели поперечного цилиндра¹⁴.

Величина среднего радиуса зерновки определяется из ширины $\epsilon = 1,4 \dots 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и толщины $\delta = 1,2 \dots 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ зерен ржи по формуле:

$$2r_{\text{ср.з}} = \frac{\delta_{\text{min}} + \epsilon_{\text{max}}}{2}, \quad (26)$$

где δ_{min} – минимальное значение толщины зерновки, $\delta_{\text{min}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; ϵ_{max} – максимальное значение ширины зерновки, $\epsilon_{\text{max}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Тогда по выражению (12) число Рейнольдса $Re = 240$. Для этого значения в работе С.С. Кутателадзе¹⁵ находим величину коэффициента гидродинамического сопротивления для поперечного цилиндра $c = 1,2$.

Найдем значение времени τ по формуле (19) для промежуточных значений физико-механических свойств зерновки $r_{\text{ср.з}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $\rho_{\text{ср.з}} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, жидкости $\rho_{\text{ж}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и коэффициента $c = 1,2$ гидродинамического сопротивления, которое будет составлять $0,015 \text{ с}$.

Из предварительных опытов установлено, что время t_n погружения зерновки в жидкости до дна ванны машины выделения склероций спорыньи составляет больше одной

секунды, то $\frac{t_n}{\tau} \gg 1$ и, следовательно, $e^{\frac{t_n}{\tau}} \gg 1$

, тогда уравнение (25) примет вид

$$2\tau \cdot \frac{t_n}{\tau} - t_n = \frac{h_n}{v_0} \quad \text{или} \quad t_n = \frac{h_n}{v_0}. \quad (27)$$

С точки зрения проектирования и создания машины выделения склероций спорыньи из зерна ржи важно знать время t_0 (время переходного процесса), за которое зерновка достигнет постоянного значения v_0 . Как принято в физике¹⁶, это время t_0 достижения скоростью v зерновки $(1 - \frac{1}{e})$ части скорости v_0 в формуле (22):

$$\frac{e^{\frac{t_0}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t_0}{\tau}} + 1} = 1 - \frac{1}{e}, \quad (28)$$

которое получим после преобразования (28):

$$t_0 = \ln(2e - 1) \cdot \tau = 1,49\tau. \quad (29)$$

Тогда, при $\tau = 0,015 \text{ с}$ значение времени t_0 переходного процесса по формуле (29) составит $0,022 \text{ с}$, а расстояние h_0 , на котором происходит этот процесс, по формуле (24) будет равно $0,003 \text{ м}$. При других возможных значениях r_z , ρ_z , $\rho_{\text{ж}}$ время t_0 достижения постоянной скорости v_0 будет иметь тот же малый порядок, то же можно сказать и о расстоянии h_0 , пройденном зерновкой на переходном процессе.

Из полученных результатов следует, что время t_0 и расстояние h_0 , на котором происходит достижение постоянной скорости v_0 , малы в сравнении со временем t_n погружения зерновки в жидкости до дна ванны машины выделения склероций спорыньи, которое больше секунды, а высота h_n столба жидкости в ванне может достигать десятки сантиметров. Тогда скорость зерновки можно считать постоянной $v_0 = v_z$, а ускорение a в уравнении (9) равным нулю, а потому в течение всего времени t_n движения зерновки от начала погружения до падения на дно ванны ее скорость v_z можно определять по формуле (20).

Для сфероидальной зерновки при движении в жидкости сила F_C гидродинамического сопротивления определяется по формуле¹⁷:

$$F_C = \frac{cS\rho_{\text{ж}}v_z^2}{2}, \quad (30)$$

где c – коэффициент гидродинамического сопротивления вытянутого эллипсоида вращения с более обтекаемой геометрической формой, чем поперечный цилиндр, $c = 0,9$ ¹⁸; S – площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению движения зерновки (миделево сечение), м^2 .

При движении в жидкости сфероидальной зерновки вдоль малой оси (плашмя) площадь миделевого сечения (эллипса) равна¹⁹:

$$S = \pi r_z a_z, \quad (31)$$

где r_z – радиус вращения эллипсоида (малая полуось эллипса), м ; a_z – большая полуось эллипса, м .

¹⁴Справочник по гидравлическим расчетам 5-е изд., доп. и перераб. под ред. П. Г. Киселева. М.: Энергия, 1974. 312 с.

¹⁵Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. 1990. С. 150.

¹⁶Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. 2-е изд., перераб., и доп. 1954. 795 с.

¹⁷Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. М.: Мир, 1982. 520 с.

¹⁸Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. 1990. С. 149.

¹⁹Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1980. 976 с.

Масса сфероидальной зерновки будет равна²⁰:

$$m_z = V_z \rho_z = \frac{4}{3} \pi r_z^2 a_z \rho_z \quad (32)$$

Сила Архимеда F_A при погружении в жидкость сфероидальной зерновки составляет [16]:

$$F_A = V_z \rho_{ж} g = \frac{4}{3} \pi r_z^2 a_z \rho_{ж} g \quad (33)$$

Для сфероидальной зерновки также справедливы результаты теоретических исследований о времени t_0 и расстоянии h_0 , на котором происходит переходный процесс в начальной стадии погружения цилиндрической зерновки в жидкость. Поэтому ускорение a зерновки в уравнении (9) можно взять равным нулю.

Тогда, подставляя в уравнение (9) выражения (30), (31), (32) и (33), получим:

$$\frac{4}{3} \pi r_z^2 a_z \rho_z g - \frac{4}{3} \pi r_z^2 a_z \rho_{ж} g - \frac{\pi c r_z a_z \rho_{ж} v_z^2}{2} = 0 \quad (34)$$

Проведя преобразования выражения (34), найдем скорость погружения в жидкости сфероидальной зерновки (плашмя):

$$v_z = \sqrt{\frac{8r_z g (\rho_z - \rho_{ж})}{3c\rho_{ж}}} \quad (35)$$

Зависимости скорости v_z погружения цилиндрической (20) и сфероидальной (35) зерновок в жидкости удельной массой $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$; $1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ от их радиуса r_z и удельной массы ρ_z зерна представлены в виде поверхностей на рисунке 3.

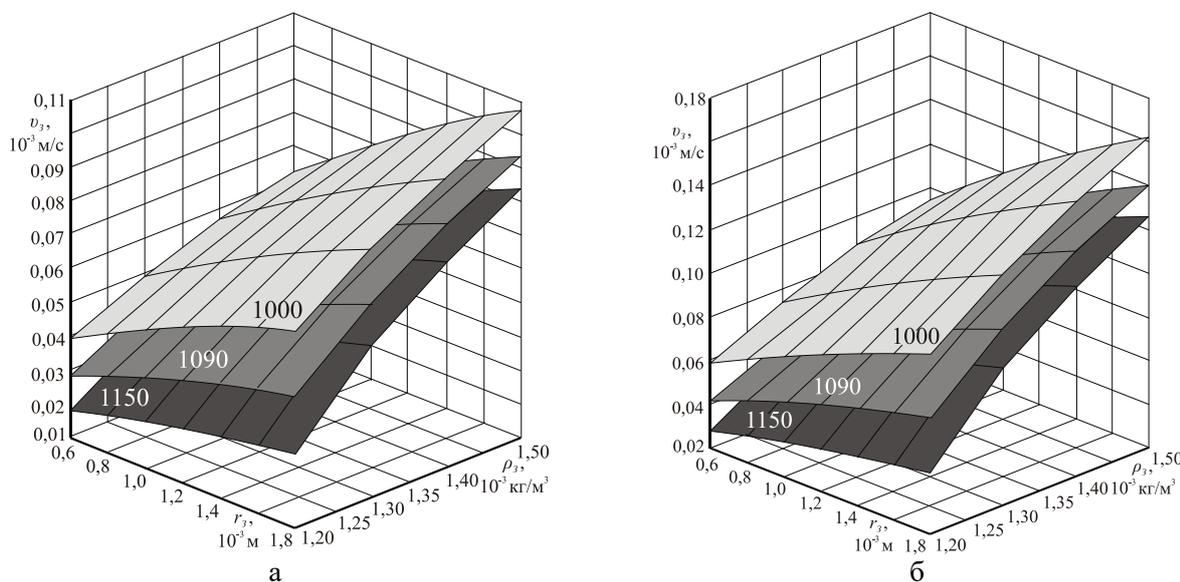


Рис. 3. Зависимости скорости v_z погружения цилиндрической (а) и сфероидальной (б) зерновок в жидкости удельной массой $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$; $1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ от радиуса r_z и удельной массы ρ_z зерна /

Fig. 3. Dependence of the velocity v_z of the immersion of cylindrical (a) and spheroidal (b) kernels in liquid with a specific mass $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$; $1,09 \cdot 10^3$ and $1,15 \cdot 10^3$ kg/m³ of the radius r_z and the specific mass ρ_z of grain

Из рисунка 3 следует, что для обеих моделей зерновок при увеличении радиуса r_z и их удельной массы ρ_z значение скорости v_z возрастает. При увеличении удельной массы $\rho_{ж}$ жидкости значения скорости v_z погружения зерновок уменьшаются.

Минимальные скорости $v_{z \min}$ погружения зерновок в жидкости определяются при значениях параметров зерна ржи $r_z = 0,6 \cdot 10^{-3}$ м и $\rho_z = 1,2 \cdot 10^3$ кг/м³. При этих параметрах цилиндрической зерновки $v_{z \min} = 0,039$; $0,028$ и $0,018$ м/с, а для сфероидальной зерновки

$v_{z \min} = 0,059$; $0,042$ и $0,028$ м/с для удельной массы жидкости $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$; $1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ соответственно.

Максимальные скорости $v_{z \max}$ погружения зерновок в жидкости определяются при значениях параметров зерна ржи $r_z = 1,8 \cdot 10^{-3}$ м и $\rho_z = 1,5 \cdot 10^3$ кг/м³. При этих параметрах цилиндрической зерновки $v_{z \max} = 0,107$; $0,093$ и $0,084$ м/с, а для сфероидальной зерновки $v_{z \max} = 0,162$; $0,140$ и $0,126$ м/с при удельной массе жидкости $\rho_{ж} = 1,0 \cdot 10^3$; $1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ соответственно.

²⁰Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. С. 331.

При движении в жидкости отдельных зерновок скорость v_z определяется их геометрическими формами и плотностью ρ_z зерна. При движении в жидкости зернового материала потоком, вследствие столкновения зерновок между собой, скорости их будут усредняться. Поэтому для 28 пар значений радиуса r_z и удельной массы ρ_z (рис. 3) расчетное среднее арифметическое значение скорости $v_{cp.z теор.}$ погружения цилиндрических зерновок в воде ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) составляет 0,071 м/с, а в водных растворах соли удельной массой $\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ – 0,058 и 0,049 м/с соответственно. При этом расчетное среднее

арифметическое значение скорости $v_{cp.z теор.}$ погружения сфероидальных зерновок в жидкости удельной массой $\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$, $1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ равно 0,108; 0,088 и 0,073 м/с соответственно.

Результаты проведенных практических экспериментов приведены в виде зависимости времени $t_{i.z}$ погружения зерна озимой ржи Фаленская 4 на глубину $h_{п1} = 0,135$ м между метками в воде ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) и водных растворах соли ($\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³) от номера $x_{№}$ проведенного опыта, которые представлены на рисунке 4.

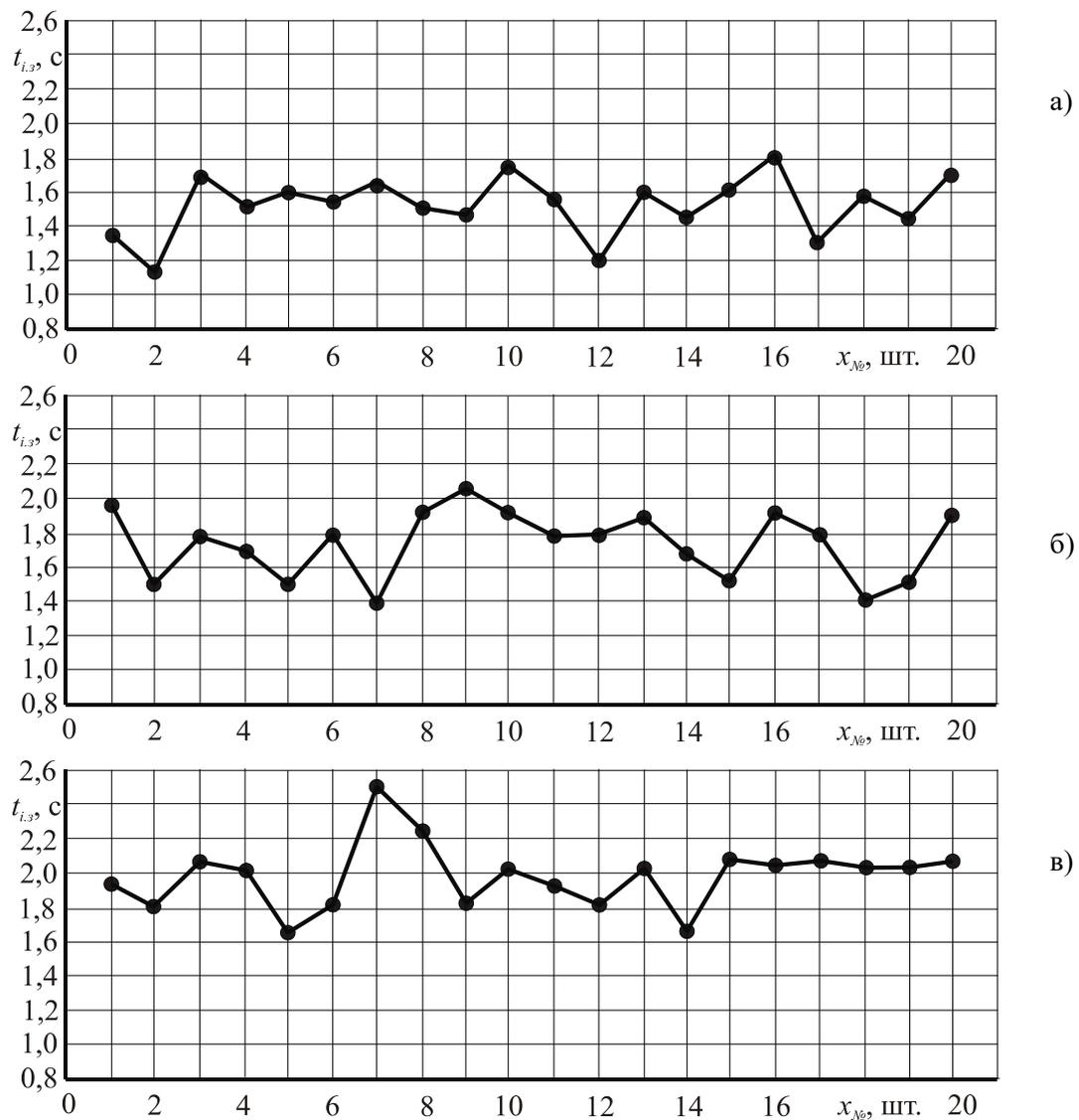


Рис. 4. Зависимости времени $t_{i.z}$ погружения зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 в жидкости от номера $x_{№}$ проведенного опыта: а – в воде удельной массы $\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³; б – в водном растворе соли удельной массы $\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ кг/м³; в – в водном растворе соли удельной массы $\rho_{жс} = 1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ /
Fig. 4. Dependence of the time $t_{i.z}$ of immersion of Falenskaya 4 winter rye variety grain in liquid from the number $x_{№}$ of the experiment: а – in water with the specific mass $\rho_z = 1.0 \cdot 10^3$ kg/m³; б – in an aqueous salt solution with the specific mass $\rho_z = 1.09 \cdot 10^3$ kg/m³; в – in an aqueous salt solution with the specific mass $\rho_z = 1.15 \cdot 10^3$ kg/m³

Зависимость времени $t_{i,3}$ погружения зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 в воду ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) от номера $x_{№}$ проведенного опыта показывает, что пределы варьирования времени $t_{i,31000}$ в опытах составляют 1,11...1,81 с. Среднее значение времени $t_{cp,31000}$ погружения зерновок соответствует значению 1,52 с. Среднее квадратическое отклонение S_{31000} измерений времени движения зерновок в воде равно 0,178, а абсолютная погрешность Δt_{31000} составляет 0,083. Общая погрешность $\Delta t_{общ,31000}$ измерений времени движения зерновок равна 0,086.

При этом минимальная скорость $v_{3 \text{ min.1000}}$ погружения зерна на глубину 0,135 м равна 0,074 м/с, а максимальная $v_{3 \text{ max1000}} = 0,121 \text{ м/с}$. Среднее арифметическое значение скорости $v_{cp,3 \text{ опыт.1000}}$ зерновки из экспериментальных данных согласно выражению (7) составляет 0,091 м/с. Тогда, в соответствии с выражением (5) относительная погрешность $\varepsilon_{v_{31000}}$ определения скорости движения зерновок равна 0,060. В результате абсолютная погрешность Δv_{31000} косвенного определения скорости движения зерновки в воде согласно выражению (6) составляет 0,005. Доверительный интервал $v_{cp,31000} \pm \Delta v_{31000}$ скорости погружения зерновок с надежностью $p = 0,95$ составляет 0,086...0,096 м/с.

Пределы варьирования времени $t_{i,3}$ в опытах при движении зерен в водном растворе соли удельной массой $\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ составляют 1,40...2,20 с. Среднее значение времени $t_{cp,31090}$ погружения зерновок соответствует значению 1,76 с. Среднее квадратическое отклонение S_{31090} измерений времени движения зерновок равно 0,207, а абсолютная погрешность Δt_{31090} составляет 0,097. Общая погрешность $\Delta t_{общ,31090}$ измерений времени движения зерновок равна 0,099.

При этом минимальная скорость $v_{3 \text{ min.1090}}$ погружения зерна равна 0,061 м/с, а максимальная $v_{3 \text{ max1090}} = 0,096 \text{ м/с}$. Среднее арифметическое значение скорости $v_{cp,3 \text{ опыт.1090}}$ зерновки при этой удельной массе жидкости равно 0,078 м/с. Тогда, в соответствии с выражением (5) относительная погрешность $\varepsilon_{v_{31090}}$ определения скорости движения зерновки составляет 0,060. В результате абсолютная погрешность Δv_{31090} косвенного определения скорости движения зерновки в воде согласно выражению (6) составляет 0,005. Доверительный

интервал $v_{cp,31090} \pm \Delta v_{31090}$ скорости погружения зерновок с надежностью $p = 0,95$ составляет 0,073...0,083 м/с.

В практических опытах при погружении зерен в водном растворе соли удельной массой $\rho_{жс} = 1,15 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ время $t_{i,3}$ их движения составляет 1,63...2,57 с. Среднее значение времени $t_{cp,31150}$ погружения зерновок соответствует значению 2,05 с. Среднее квадратическое отклонение S_{31150} измерений времени движения зерновок равно 0,242, а абсолютная погрешность Δt_{31150} составляет 0,113. Общая погрешность $\Delta t_{общ,31150}$ измерений времени движения зерновок равна 0,115.

При этом минимальная скорость $v_{3 \text{ min.1150}}$ погружения зерна равна 0,053 м/с, а максимальная $v_{3 \text{ max1150}} = 0,083 \text{ м/с}$. Среднее арифметическое значение скорости $v_{cp,3 \text{ опыт.1150}}$ зерновок из полученных опытных данных составляет 0,067 м/с. Тогда, в соответствии с выражением (5) относительная погрешность $\varepsilon_{v_{31150}}$ определения скорости движения зерновки составляет 0,060. В результате абсолютная погрешность Δv_{31150} косвенного определения скорости движения зерновки в воде согласно выражению (6) составляет 0,004. Доверительный интервал $v_{cp,31150} \pm \Delta v_{31150}$ скорости погружения зерновок с надежностью $p = 0,95$ составляет 0,063...0,071 м/с.

Сравнение экспериментальных и теоретических исследований показывает, что время $t_{cp,3}$ погружения цилиндрических зерновок больше времени погружения реальных зерновок, которое больше такого же времени $t_{cp,3}$ для сферидальных зерновок. Это объясняется тем, что цилиндр как геометрическая форма зерновки отличается от формы реальной зерновки большей площадью миделевого сечения, входящей в силу F_C гидродинамического сопротивления (13) жидкости движению в ней зерновки. У цилиндра это площадь прямоугольника и равна $2r_3 l_3$. Миделево сечение реальной зерновки будет вписываться в прямоугольник, поэтому ее площадь меньше площади прямоугольника. Кроме того, цилиндр является плохообтекаемым телом в отличие от реальной зерновки, поэтому для него коэффициент $c = 1,2$ гидродинамического сопротивления больше по значению, чем для реальной зерновки²¹.

²¹Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. 1990. С. 150.

Из соотношения для силы F_C гидродинамического сопротивления (13) следует, что сила F_C гидродинамического сопротивления, действующая на цилиндрическую зерновку, больше такой же силы, действующей на реальную зерновку. Поэтому время падения цилиндрической зерновки больше времени падения реальной, а скорость меньше, что видим по результатам исследования.

Для сфероидальной модели зерновки значение коэффициента c гидродинамического сопротивления жидкости меньше такого же коэффициента реальных зерновок, так как они не имеют идеальную сфероидальную геометрическую форму. Следовательно, сила гидродинамического сопротивления жидкости, действующая на реальную зерновку, больше такой же силы (30), действующей на сфероидальную зерновку, отсюда скорость падения реальной зерновки в жидкости будет меньше скорости сфероидальной зерновки.

Найдем среднее значение $v_{ср.мод.}$ средних арифметических значений скоростей $v_{ср.з.теор.}$ зерновок двух моделей (цилиндрической и сфероидальной) в воде ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) и водных растворах соли ($\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³), которое составляет 0,089; 0,073 и 0,061 м/с соответственно. Сопоставление расчетных значений скоростей $v_{ср.мод.}$ погружения цилиндрической и сфероидальной зерновок в жидкостях с различной удельной массой $\rho_{жс}$ с экспериментальными $v_{ср.з.оыт.}$ показало, что они одного порядка и практически имеют близкие значения. Относительное различие

в процентах скоростей данных зерновок, определяемое по формуле

$$\delta_{v_z} = \frac{|v_{ср.мод.} - v_{ср.з.оыт.}|}{v_{ср.мод.}} \cdot 100, \quad (36)$$

показывает, что при погружении зерновки в воде ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) составляет не более 2%, а в водных растворах хлористого натрия (NaCl) удельной массой $\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ – 7 и 10% соответственно. Это свидетельствует о том, что проведенные эксперименты по погружению зерен в жидкостях различной удельной массы согласуются с теоретическими исследованиями для цилиндрической и сфероидальной зерновок.

Заключение. Таким образом, расчетные значения скоростей $v_{ср.мод.}$ погружения зерна в воде ($\rho_{жс} = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³) и водных растворах соли ($\rho_{жс} = 1,09 \cdot 10^3$ и $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³) в сравнении с экспериментальными $v_{ср.з.оыт.}$ значениями одного порядка практически близки. Относительное различие в процентах скоростей данных зерновок не более чем на 10%. Отличие объясняется принятыми моделями и погрешностями эксперимента. Поэтому полученные теоретические формулы для определения скорости v_z погружения в жидкости зерновок цилиндрической и сфероидальной форм можно использовать при разработке машины очистки зернового материала по удельной массе мокрым способом для обоснования ее конструктивно-технологических параметров с целью выполнения ею с надлежащей эффективностью технологического процесса.

Список литературы

1. Вобликов Е. М., Буханцов В. А., Маратов Б. К., Прокопец А. С. Послеуборочная обработка и хранение зерна. Ростов-на-Дону: МарТ, 2001. 229 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/623764/>
2. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Лаптева Н. К., Уткина Е. И., Вянянен М., Никулина Т. Н. Энергия ржи для здоровья человека. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2010. 103 с.
3. Бурков А. И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин. Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. 380 с.
4. Хазиев А. З., Пономарева М. Л. Ущерб от спорыньи на озимой ржи и меры его предупреждения. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2007;2(6):80-82. Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=124462
5. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gilmullina L.F. Increasing spread of *Claviceps Purpurea* (fr). tul. and it's effect on the quantity and quality of winter rye. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016;7(3):1865-1871.
6. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Проблема спорыньи злаков (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): история и современность (обзор). Теоретическая и прикладная экология. 2013;(1):5-12. DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2013-1-005-012>
7. Немкович А. И. Последствия зараженности озимой ржи спорыньей. Защита и карантин растений. 2005;(5):42-43.
8. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Зависимость вредоносности спорыньи от биометрических показателей склероциев. Защита и карантин растений. 2017;(11):9-12. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30578126>

9. Gievsky A. M., Orobinsky V. I., Tarasenko A. P., Chernyshov A. V., Kurilov D. O. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic resource. 2018;327:042035. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/4/042035>
10. Дринча В. М., Борисенко И. Б. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов. Научно-агрономический журнал. 2008;(2 (83)):33-36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/primenenie-i-funktsionalnye-vozmozhnosti-pnevmosortirovalnyh-stolov>
11. Шафоростов В. Д., Припоров И. Е. Качественные показатели работы фотосепаратора по фракционной технологии при разделении семян подсолнечника. Международный научно-исследовательский журнал. 2015;(1-3 (32)):23-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22956665>
12. Astanakulov K. D., Karimov Y. Z., Fozilov G. Design of a grain cleaning machine for small farms. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2011;42(4):37-40.
13. Сысуюев В. А., Сайтов В. Е., Фарафонов В. Г., Сайтов А. В. Статистическая оценка интервала значений удельной массы зерна озимой ржи Фаленская 4 и склероций спорыньи. Успехи современного естествознания. 2017;(10):48-53. Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36559>
14. Sysuev V. A., Saitov V. E., Farafonov V. G., Suvorov A. N., Saitov A. V. Theoretical Background of Calculating of the Parameters of the Device for Grain Cleaning from Ergot Sclerotia. Russian Agricultural Sciences. 2017;43(3): 273-276. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367417030156>
15. Сайтов В. Е., Фарафонов В. Г., Сайтов А. В. Оценка высоты расположения выхода бункера с питателем относительно уровня раствора соли в ванне машины для очистки зернового материала по удельному весу. Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы Международ. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола: ФГБОУ ВО «Мар. гос. ун-т», 2016. Вып. XVIII. С. 241-244.
16. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: гидродинамика. 5-е изд., стереот. М.: Физматлит, 2001. Т. 5. С.736.

References

1. Voblikov E. M., Bukhantsov V. A., Maratov B. K., Prokopets A. S. *Posle-uborochnaya obrabotka i khranenie zerna*. [Postharvest processing and storage of grain]. Rostov-na-Donu: MarT, 2001. 229 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/623764/>
2. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Lapteva N. K., Utkina E. I., Vyayanyan M., Nikulina T. N. *Energiya rzhi dlya zdorov'ya cheloveka*. [Rye energy for human health]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2010. 103 p.
3. Burkov A. I. *Razrabotka i sovershenstvovanie pnevmositem zernoochi-stitel'nykh mashin*. [Development and improvement of pneumatic systems of grain cleaning machines]. Kirov: FGBNU «NIISKh Severo-Vostoka», 2016. 380 p.
4. Khaziev A. Z., Ponomareva M. L. Ushcherb ot sporyn'i na ozimoy rzhi i mery ego preduprezhdeniya. [Damage from ergot on winter rye and measures to prevent it]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2007;2(2(6)):80-82. (In Russ.). URL: https://repository.kpfu.ru/?p_id=124462
5. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gilmullina L. F. Increasing spread of *Claviceps Purpurea* (fr). tul. and it's effect on the quantity and quality of winter rye. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016;7(3):1865-1871.
6. Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K. *Problema sporyn'i zlakov (Claviceps purpurea (Fr.) Tul.): istoriya i sovremennost' (obzor)*. [The problem of the ergot of cereals (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): history and modernity (review)]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and applied Ecology. 2013;(1):5-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2013-1-005-012>
7. Nemkovich A. I. *Posledstviya zarazhennosti ozimoy rzhi sporyn'ey*. [Consequences of infection of winter rye with ergot]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2005;(5):42-43. (In Russ.).
8. Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M. *Zavisimost' vredonosnosti sporyn'i ot biometricheskikh pokazateley sklerotsiev*. [The dependence of the harmfulness of ergot on the biometric indicators of sclerotia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017;(11):9-12. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30578126>
9. Gievsky A. M., Orobinsky V. I., Tarasenko A. P., Chernyshov A. V., Kurilov D. O. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic resource. 2018;327:042035. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/4/042035>
10. Drincha V. M., Borisenko I. B. *Primenenie i funktsional'nye voz-mozhnosti pnevmosortiroval'nykh stolov*. [Application and functionality of pneumatic sorting tables]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* = Scientific Agronomy Journal. 2008;(2(83)):33-36. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/primenenie-i-funktsionalnye-vozmoz-hnosti-pnevmosortirovalnyh-stolov>
11. Shaforostov V. D., Priporov I. E. *Kachestvennye pokazateli raboty fotoseparatora po fraktsionnoy tekhnologii pri razdelenii semyan podsolnechnika*. [Qualitative indicators of color separator fractional technology

for the separation of sunflower seeds]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* = International Research Journal. 2015;(1-3 (32)):23-25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22956665>

12. Astanakulov K. D., Karimov Y. Z., Fozilov G. Design of a grain cleaning machine for small farms. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2011;42(4):37-40.

13. Sysuev V. A., Saitov V. E., Farafonov V. G., Saitov A. V. *Statisticheskaya otsenka intervala znacheniy udel'noy massy zerna ozimoy rzhi Falenskaya 4 i sklerotsiy sporyn'i*. [Statistical evaluation of the interval of values of specific gravity of Falenskaya 4 winter rye grain and ergot sclerotia]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017;(10):48-53. (In Russ.). URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36559>

14. Sysuev V. A., Saitov V. E., Farafonov V. G., Suvorov A. N., Saitov A. V. Theoretical Background of Calculating of the Parameters of the Device for Grain Cleaning from Ergot Sclerotia. *Russian Agricultural Sciences*. 2017;43(3): 273-276. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367417030156>

15. Saitov V. E., Farafonov V. G., Saitov A. V. *Otsenka vysoty raspolozheniya vykhoda bunkera s pitatelem otnositel'no urovnya rastvora soli v vanne mashiny dlya ochistki zernovogo materiala po udel'nomu vesu*. [Estimation of the height of the output location of the hopper with a feeder relative to the level of salt solution in the bath of the machine for cleaning the grain material by specific weight]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva. Mosolovskie chteniya: materialy Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf.* [Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. Mosolovskie reading: International materials scientific-practical conf.]. Yoshkar-Ola: *FGBOU VO «Mar. gos. un-t»*, 2016. Iss. XVIII. pp. 241-244.

16. Landau L. D., Lifshits E. M. *Teoreticheskaya fizika: gidrodinamika*. [Theoretical physics: hydrodynamics]. 5-e izd., stereot. Moscow: *Fizmatlit*, 2001. Vol. 5. pp. 736.

Сведения об авторах:

✉ **Сайтов Виктор Ефимович**, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», д. 133, Октябрьский проспект, г. Киров, Российская Федерация, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>**, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru,

Фарафонов Вячеслав Георгиевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математики и физики, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», д. 133, Октябрьский проспект, г. Киров, Российская Федерация, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-3648>**, e-mail: farwg@mail.ru,

Сайтов Алексей Викторович, магистрант, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», д. 133, Октябрьский проспект, г. Киров, Российская Федерация, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0266-4727>**, e-mail: alexseysaitov@yandex.ru

Information about the authors:

✉ **Victor E. Saitov**, DSc in Engineering, professor, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vyatka State Agricultural Academy”, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgsha.info, 610017, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>**, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru,

Vyacheslav G. Farafonov, PhD in Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Head of the Department of Mathematics and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vyatka State Agricultural Academy”, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-3648>**, e-mail: farwg@mail.ru,

Alexey V. Saitov, undergraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vyatka State Agricultural Academy”, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgsha.info, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0266-4727>**, e-mail: alexseysaitov@yandex.ru

✉ - Для контактов / Corresponding author

Интеграция издания в международное научное пространство

Решением учредителя электронная версия журнала «Аграрная наука Евро-Северо-Востока» с 2019 года размещается в открытом доступе. Редакция журнала, при содействии сотрудников НЭИКОН (служба поддержки Elpub), продолжает работы по интеграции издания в международное научное пространство. Сообщаем, что опубликованные в журнале статьи дополнительно размещены на международных поисковых платформах Dimensions и BASE, в международном мультидисциплинарном каталоге журналов открытого доступа DOAJ и европейском репозитории статей открытого доступа OpenAIRE.

Dimensions – международная наукометрическая поисково-аналитическая платформа, которая впервые объединила информацию по публикациям, патентам, грантам и т.п. Открывает свободный доступ к более чем 860 млн цитат и 9 млн статей из открытых источников, 124 млн документов, 3,6 млн грантов, 86 млн статей и книг и 34 млн патентов. С помощью аналитических возможностей Dimensions можно провести исследование предметной, патентной области или области финансирования и их связи между собой в контексте разных стран; выявить перспективные области науки, для которых выделяются гранты.

BASE (Bielefeld Academic Search Engine) – одна из крупнейших в мире поисковых систем, специализированных на поиске научных документов Открытого Доступа в Интернете. Оператором BASE является библиотека университета Билефельда (Германия). Система работает с 2004 года и включает в себя 37,4 миллиона документов из 2900 научных репозиториев.

DOAJ (Directory of Open Access Journals) – самая молодая из крупных баз данных о научных журналах открытого доступа, создана в 2002-м году и принадлежит Лундскому университету (Швеция). Является третьей в мире по численности включенных в нее данных и интегрирована в электронные библиотеки университетов по всему миру. Помимо этого, многие базы данных, издатели и поисковые порталы собирают метаданные DOAJ и включают их в свои продукты (например, Scopus, Serial Solutions, EBSCO). В DOAJ индексируются порядка 13000 научных журналов открытого доступа. Для включения в DOAJ научные журналы должны соответствовать высококачественным международным стандартам, осуществлять экспертную оценку и редакционный контроль качества, использовать модель финансирования, которая не заставляет читателей или их учреждения платить за доступ к содержанию журналов. DOAJ часто упоминается в исследовательских и научных издательских кругах как источник качественных журналов с открытым доступом. Статьи из журналов, входящих в DOAJ, получают более широкую видимость, что значительно повышает их уровень цитирования.

OpenAIRE – база данных статей, находящихся в открытом доступе, является официальным репозиторием европейских грантовых программ FP7 и H2020, в ней проиндексированы статьи таких крупных серверов, как arXiv.org (свыше миллиона публикаций) и Europe PubMed Central (свыше трех миллионов), а также статьи из более чем 600 других источников. Этому крупнейшему европейскому репозиторию переданы данные о полумиллионе статей, хранящихся в библиотеке открытого доступа «КиберЛенинка».

17 и 18 июля 2019 года на полях Чувашского НИИСХ - филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока состоялась республиканская выставка-демонстрация «День поля - 2019».



Третий год в Чувашской Республике традиционная выставка-демонстрация «День поля» проходит на базе Чувашского НИИСХ – научного учреждения с высокой культурой земледелия.

В торжественном открытии Дня поля приняли участие председатель Кабинета Министров Чувашской Республики Иван Моторин, заместитель председателя Кабинета Министров – министр сельского хозяйства Сергей Артамонов, член Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Вадим Николаев, глава администрации Цивильского района Игорь Николаев.



Министр сельского хозяйства Чувашской Республики Сергей Артамонов выразил уверенность, что День поля станет той площадкой, где каждый найдёт для себя что-то новое, интересное, полезное и пожелал ее участникам плодотворной работы, новых знакомств, полезных встреч, результативных соглашений.

После церемонии открытия гости выставки ознакомились с ее экспозицией. В выставке приняли участие 12 регионов Российской Федерации. Продемонстрированы более 100 единиц сельскохозяйственной техники и оборудования, деланки с посевами зерновых и технических культур. Поставщиками сельскохозяйственной техники и оборудования были организованы 6 мастер-классов: по настройке опрыскивающей техники, фотосепаратора, оборотных плугов, разбрасывателей минеральных удобрений; по подготовке зерноуборочного комбайна; по приготовлению качественных кормов.



В рамках мероприятий второго дня выставки проведены агрономическая олимпиада и экскурсия по полям Чувашского НИИСХ. Экскурсию по опытным деланкам Чувашского НИИСХ и демонстрационным посевам сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории республики и за пределами региона, провел директор Чувашского



НИИСХ Андрей Анатольевич Фадеев. Он рассказал о перспективных для условий Чувашской Республики сортах пшеницы и ячменя, представил республиканской делегации сотрудников Чувашского НИИСХ - филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, которые являются авторитетными учеными - специалистами в сфере АПК.

