

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

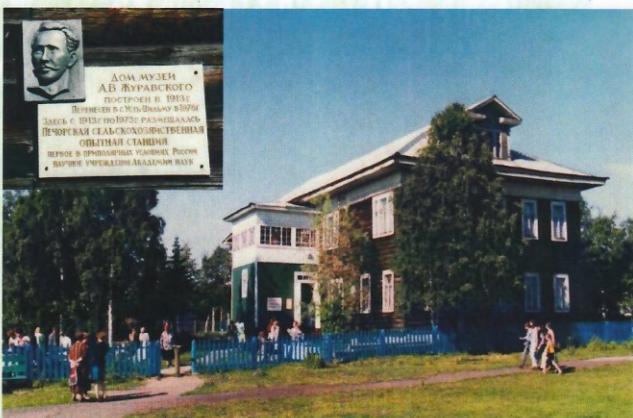
Научный журнал
Федерального аграрного
научного центра
Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого



Том 22 Vol. 22
№ 3 No. 3
2021 2021

К 110-летию организации сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России

Печорская сельскохозяйственная опытная станция



«Что мы знаем сейчас о громадной территории России – Севере, только то, что это царство глубоких болот, оттаивающих лишь к концу лета, что сельское хозяйство на Севере не имеет и не может иметь в будущем ни какого, мало-мальски серьезного экономического значения. Снять все эти «обвинения» с огромного Русского Севера – вот задача Печорской сельскохозяйственной опытной станции».

Андрей Владимирович Жураевский, исследователь Севера, заведующий Печорской сельскохозяйственной опытной станции (1911-1914 гг.)

А. В. Журавский направлен Императорской Академией Наук для комплексного исследования Печорско-Мезенского края. В январе 1911 г. по его инициативе на базе Печорской опытной естественно-исторической станции была открыта первая в Приполярье Печорская сельскохозяйственная опытная станция (с. Усть-Цильма Архангельского уезда). Уже в сентябре 1911 года на Царкосельской юбилейной выставке станция награждена золотой медалью «За развитие овощеводства в арктической зоне». Со временем поля станции и опорных пунктов стали базой семеноводства на Севере. Выращивали зерновые, овощные и ягодные культуры, картофель, лен, коноплю. Животноводство было определено приоритетным направлением сельскохозяйственного освоения края, начаты исследования по луговодству и породному улучшению скота.

Деятельность Печорской сельскохозяйственной опытной станции в Усть-Цильме была восстановлена Россельхозакадемией в 2000 г. Поставлены задачи по развитию лугового кормопроизводства и сохранению печорской породной группы полутонкорунных мясошерстных овец.

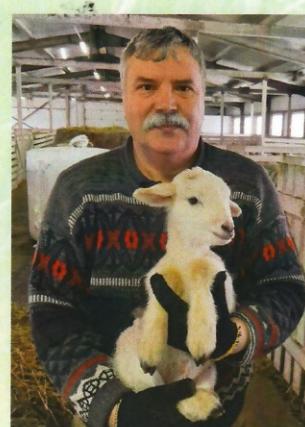
К настоящему времени проведены скрещивания адаптированных к условиям Крайнего Севера печорских овец в типе ромни-марш с баранами куйбышевской, романовской, черноголовый дорпер и остфризкой пород. Получены генотипы с повышенной скороспелостью, плодовитостью, молочностью, интенсивностью роста, мясной продуктивностью. Разрабатывается методика отбора и подбора овец желательного типа на основе эколого-генетического анализа метаболического профиля крови и ассоциаций генов хозяйственно ценных признаков с ДНК-маркерами.



Канева Лидия Александровна, зав. отделом «Печорская опытная станция»



Овцы нового генотипа с высоким потенциалом мясной продуктивности и экологической устойчивости к условиям Крайнего Севера



Жариков Яков Александрович, к.с.-х.н., с.н.с. отдела «Печорская опытная станция»

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka

Научный журнал основан в 2000 г.

Периодичность 6 раз в год Префикс DOI 10.30766

Том 22, № 3, 2021

© 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, 16б

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

Регистрационный номер
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 хозяйства, 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. Сельскохозяйственная микробиология и микология. 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

Ответственные секретари: Соболева Наталья Николаевна, инженер по НТИ научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия, Веселова Наталья Васильевна – к.с.-х., научный секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Редакционный совет

- Андреев Николай Руфьевич 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
- 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
- Домский Игорь Александрович д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия
- Еремин Сергей Петрович д.в.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения с.-х. животных и акушерства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия
- Иванов Дмитрий Анатольевич д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва, Россия
- Казакевич Пётр Петрович д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь
- Косолапов Владимир Михайлович д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агрокологии имени В. Р. Вильямса
- Костяев Александр Иванович д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия
- 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
- Никонова Галина Николаевна д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия
- Пашкина Олья Викторовна д.в.н., Почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия
- 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

**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, ВИНИТИ, AGRIS,
Russian Science Citation Index
(RSCI) на ведущей мировой
платформе Web of Science,
BASE, Dimensions,
Ulrich's Periodicals Directory,
DOAJ, EBSCO

Полные тексты статей
доступны на сайтах электронных
научных библиотек:
eLIBRARY.RU: [http://elibrary.ru/](http://elibrary.ru;);
ЭНСХБ:
<http://www.cnshb.ru/elbib.shtml>;
CYBERLENINKA:
<https://cyberleninka.ru/>;
журнала:
<http://www.agronauka-sv.ru>

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
18.06.2021.

Дата выхода в свет
03.07.2021.

Формат 60x84^{1/8}.
Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 16,97.

Тираж 100 экз. Заказ 422.
Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета
Адрес типографии:

«Спектр»
610007, г. Киров, ул. Нагорная, 6

Самоделкин Александр Геннадьевич	д.б.н., профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, 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 агроном РФ, зав. кафедрой агрономии и агробиологии 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
Уран Эрома Петрович	д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, заместитель генерального директора по научной работе Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, г. Минск, Республика Беларусь
Цой Юрий Алексеевич	д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН, Федеральный научный агрономический центр ВИМ, г. Москва, Россия
Широких Ирина Геннадьевна	д.б.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микробиологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, профессор Вятского государственного университета, г. Киров, Россия
Щенникова Ирина Николаевна	д.с.-х.н., доцент, чл.-корр. РАН, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия
Changzhong Ren	Президент Байчэнской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный член РАН, г. Байчен, Китай
Ivanovs Semjons	д.т.н., Латвийский университет естественных наук и технологий, г. Елгава, Латвия
Marczuk Andrzej	д.т.н., профессор, декан факультета Люблинского природоведческого университета, г. Люблин, Польша
Náhlík András	профессор, ректор, Университет Шопрон, Институт охраны дикой природы и зоологии позвоночных, г. Шопрон, Венгрия
Poutanen Kaisa	профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии, г. Эспоо, Финляндия
Romaniuk Wazlaw	д.т.н., профессор, Технологого-природоведческий институт, г. Варшава, Польша
Yu Li	профессор, научный руководитель Цзилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай
Алешкин Алексей Владимирович	Редакционная коллегия д.т.н., профессор кафедры промышленной безопасности и инженерных систем Вятского государственного университета, г. Киров, Россия
Баранов Александр Васильевич	д.б.н., профессор, г. Кострома, Россия
Брандорф Анна Зиновьевна	д.с.-х.н., директор 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
Егошина Татьяна Леонидовна	д.б.н., профессор, зав. отделом экологии и ресурсоведения Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, 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, агрономии и мелиорации ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия
Костенко Ольга Владимировна	к.э.н., доцент, проректор по экономике и инновациям Вятского государственного агротехнологического университета, г. Киров, Россия
Рыбова Ольга Вениаминовна	к.б.н., доцент кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии, г. Пермь, Россия
Савельев Александр Павлович	д.б.н., главный научный сотрудник отдела экологии животных Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия
Товстик Евгения Владимировна	к.б.н., доцент, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии, с.н.с. Центра компетенций «Экологические технологии и системы» Вятского государственного университета, г. Киров, Россия
Филатов Андрей Викторович	д.в.н., профессор кафедры экологии и зоологии Вятского государственного агротехнологического университета, 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
Юнусов Губайдулла Сибятулович	д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки с.-х. продукции Аграрно-технологического института Марийского государственного университета, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, Россия

Agricultural Science Euro-North-East, 2021; 22(3)

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka

Peer-reviewed scientific journal was established in 2000

The journal is published six times per year. DOI: 10.30766

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

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

Registration number
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 agro-ecosystems 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

- REVIEWS
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

(Plant Growing. Storage and Processing of Agricultural Production. Fodder Production. Agriculture, Agrochemistry, Land Improvement. Agricultural Microbiology and Mycology. Zootechny. Veterinary Medicine. Fur Farming and Hunting. 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. of Sci. (Engineering), the professor, academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, academic advisor of the FARC North-East, Kirov, Russia

Deputy editor-in-chief – Natalya E. Rubtsova, Cand. of Sci. (Agricultural), associate professor, Head of the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia

The responsible secretaries: Natalia N. Soboleva, engineer of scientific and technical information, the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia, Natalya V. Veselova, Cand. of Sci. (Agricultural), scientific secretary, the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia

Editorial council

Nikolay R. Andreev	Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia
Vugar A. Bagirov	Dr. of Sci. (Biology), professor, corresponding member of RAS, Director of the Department of Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia
Galina A. Batalova	Dr. of Sci. (Agricultural), 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. of Sci. (Agricultural), professor, director of Mordovia Agricultural Research Institute –Branch of FARC North-East, Saransk, Russia
Svetlana V. Degteva	Dr. of Sci. (Biology), 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. of Sci. (Veterinary), Honored Worker of Science of the Russian Federation, academician of RAS, professor at the Department of Epizootiology named after V.P. Urban, Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia
Igor A. Domskiy	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, corresponding member of RAS, Director of Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
Sergey P. Eremin	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
Dmitriy A. Ivanov	Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
Petr P. Kazakevich	Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus
Vladimir M. Kosolapov	Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia
Aleksandr I. Kostjaev	Dr. of Sci. (Economics), professor, academician of RAS, chief researcher, Department of Economic and Social Problems of the Development of Regional Agro-Industrial Complex and Rural Territories the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
Ivan M. Kulikov	Dr. of Sci. (Economics) professor, academician of RAS, director of the All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, Russia
Andrei V. Lednev	Dr. of Sci. (Agricultural), 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
Galina N. Nikanova	Dr. of Sci. (Economics), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
Yulia V. Pashkina	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
Ivan V. Savchenko	Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, chief researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
Alexander G. Samodelkin	Dr. of Sci. (Biology), professor, Honored Veterinarian of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Vocational Education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

**The Journal is 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, EBSCO

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 journal: <http://www.agronauka-sv.ru>

Publisher and editorial address:
610007, Kirov, Lenin 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

Passed for printing
18.06.2021 г.

Date of publication
03.07.2021.

Format 60x84^{1/8}. Offset paper.
Cond. pecs. 1. 16.97.
Circulation 100 copies. Order 422.
Free price.

Address of the printing house:
«Spektr»
610007, Kirov, Nagornaya str., 6

Pavel N. Sisjagin	Dr. of Sci. (Veterinary), the professor, corresponding member of RAS, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
Vera I. Titova	Dr. of Sci. (Agricultural), professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
Anton N. Tokarev	Dr. of Sci. (Veterinary), associate professor, head of the Department, Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia
Eroma P. Urban	Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy General Director for Research, Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Minsk, Republic of Belarus
Yu. A. Tsoy	Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of RAS, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
Irina G. Shirokich	Dr. of Sci. (Biology), leading researcher, head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms, FARC North-East, professor at the Department of Microbiology, Vyatka State University, Kirov, Russia
Irina N. Shchennikova	Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, corresponding member of RAS, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Breeding of Barley, FARC North-East, Kirov, Russia
Changzhong Ren	President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China
Semjons Ivanovs	Dr. of Sci. (Engineering), Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia
Andrzej Marczuk	Dr. of Sci. (Engineering), professor, dean, University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland
András Náhlík	The professor, rector, University of Sopron, Institute of Wildlife Management and Vertebrate Zoology, Sopron, Hungary
Kaisa Poutanen	Dr. of Sci. (Engineering), Academy Professor, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland
Vaclav Romaniuk	Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Poland
Li Yu	Professor, academic adviser of the Institute of Mycology of Jilin Agricultural University, a foreign member of RAS, Changchun, China
Aleksey V. Aleshkin	Editorial Board Dr. of Sci. (Engineering), professor at the Department of Industrial Security and Engineering systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
Alexander V. Baranov	Dr. of Sci. (Biology), the professor, Kostroma, Russia
Anna S. Brandorf	Dr. of Sci. (Agricultural), the director of the Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia
Alexander I. Burkov	Dr. of Sci. (Engineering), professor, chief researcher, the Honored Inventor of the Russian Federation, head of the Laboratory of Grain- and Seed-Cleaning Machines, FARC North-East, Kirov, Russia
Tatyana L. Egoshina	Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the Department of Ecology and Resource Management, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
Alexander A. Ivanovsky	Dr. of Sci. (Veterinary), head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, FARC North-East, Kirov, Russia
Lyudmila M. Kozlova	Dr. of Sci. (Agricultural), head of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Land Improvement, FARC North-East, Kirov, Russia
Olga V. Kostenko	Cand. of Sci. (Economics), associate professor, Pro-Rector for Economy, The Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
Olga V. Ryabova	Cand. of Sci. (Biology), associate professor at the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia
Alexander P. Saveljev	Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, the Department of Animal Ecology, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
Evgeniya V. Tovstik	Cand. Sci. (Biology), associate professor at the Department of Basic Chemistry and Chemistry Training Methodology, senior researcher at the Center of Competence and Environmental Technologies and Systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
Andrey V. Filatov	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the Department of Ecology and Zoology, The Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
Tatyana K. Sheshegova	Dr. of Sci. (Biology), senior researcher, head of the Laboratory of Immunity and Plants Protection, FARC North-East, Kirov, Russia
Gubeidulla S. Junusov	Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Agricultural Technologies of Mari State University, the Honored Worker of Agriculture of Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

Н. В. Барацкова, В. В. Устинова

Луговое кормопроизводство и ресурсосберегающие приемы повышения продуктивности кормовых угодий Якутии (обзор)..... 303

А. Ю. Криворучко, А. В. Скокова, О. А. Яцык, А. А. Каниболова

Современные подходы генетической идентификации породной принадлежности сельскохозяйственных животных (обзор)..... 317

РАСТЕНИЕВОДСТВО

А. Г. Тулинов, А. Ю. Лобанов

Результаты экологического испытания раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля в Республике Коми..... 329

А. В. Бакулина, Л. С. Савинцева, О. Н. Башлакова, Н. Ф. Синцова

Молекулярный скрининг сортов картофеля Фаленской селекционной станции на устойчивость к фитопатогенам..... 340

Е. В. Попова, Е. Г. Арзамасова, И. В. Шихова

Структура семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок в условиях Кировской области..... 351

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

В. М. Косолапов, Х. К. Худякова

Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них..... 360

А. П. Кислицина, В. А. Фигурин

Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы и продуктивность лядвенце-тимофеевной травосмеси..... 367

А. А. Шаманин, Л. А. Попова

Особенности формирования злаково-бобовых травосмесей первого и второго года жизни в условиях Европейского Севера России..... 376

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова

Влияние минеральных удобрений и известкования на свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в условиях Республики Коми..... 385

В. И. Титова, Э. Т. Акопджанян

Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы на урожайность и фитопатологическую характеристику клубней картофеля..... 393

ЗООТЕХНИЯ

В. С. Матюков, В. Г. Зайнуллин

Неравновесное сцепление (гаметическое неравновесие) структурных генов в популяции крупного рогатого скота..... 401

Я. А. Жариков

Биохимические показатели крови овцематок на первом месяце лактации и их связь с молочной продуктивностью..... 409

ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

С. В. Николаев

Влияние микроэлементного комплекса на морфобиохимический состав крови телят..... 418

А. А. Ивановский, Н. А. Латушкина, Е. Ю. Тимкина

Влияние фитоэкстракта из трав на показатели метаболизма свиноматок и поросят..... 428

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

А. А. Юдин, В. Г. Зайнуллин

История и перспективы развития Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН..... 436

ХРОНИКА

Памяти ученого. Баранов Александр Васильевич..... 442

CONTENTS

REVIEWS

Natalya V. Barashkova, Vasyona V. Ustinova

Meadow forage production and resource-saving methods for increasing the productivity of forage lands in Yakutia (review)..... 303

Alexander Y. Krivoruchko, Antonina V. Skokova, Olesya A. Yatsyk, Anastasia A. Kanibolotskaya

Modern approaches to the genetic identification of farm animal breeds (review)..... 317

PLANT GROWING

Aleksei G. Tulinov, Aleksander Yu. Lobanov

The results of ecological testing of early and mid-season potato varieties in the Komi Republic..... 329

Anna V. Bakulina, Larisa S. Savintseva, Olga N. Bashlakova, Nina F. Sintsova

Molecular screening of potato varieties bred by Falenki Breeding station for resistance to phytopathogens..... 340

Eugenia V. Popova, Ekaterina G. Arzamasova, Irina V. Shihova

The structure of the seed herbage of the pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) variety Snezhok in the conditions of the Kirov region..... 351

FODDER PRODUCTION

Vladimir M. Kosolapov, Hatima K. Khudyakova

Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them..... 360

Antonida P. Kislitsyna, Valentin A. Figurin

The effect of lime and mineral fertilizers on agrochemical characteristics of soil and productivity of birdsfoot trefoil and timothy grass mixture..... 367

Aleksey A. Shamanin, Lyudmila A. Popova

Specific features of formation of grass-legume mixtures of the first and second year of life in the conditions of the European North of Russia..... 376

AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

Nikolay T. Chebotarev, Olga V. Brovarova

The effect of mineral fertilizers and liming on the properties of sod-podzolic soils and the productivity of legume-grass mixture in the conditions of the Komi Republic..... 385

Vera I. Titova, Eric T. Akopdzhanian

Influence of fertilizers and of the autumn tillage method on potato yield and phytopathologic characteristics of tubers..... 393

ZOOTECHNY

Valery S. Matyukov, Vladymir G. Zainullin Valery S. Matyukov, Vladymir G. Zainullin

Disequilibrium linkage (gametic disequilibrium) of structural genes in the bovine population..... 401

Yakov A. Zharikov

Biochemical blood values of ewes in the first month of lactation and their relation to milk productivity... 409

VETERINARY MEDICINE

Semyon V. Nikolaev

The effect of the microelement preparation on the morphobiochemical composition of the blood of calves... 418

Aleksander A. Ivanovskiy, Natalya A. Latushkin, Elena Yu. Timkina

The effect of herbal phytoextract on metabolic parameters of sows and piglets..... 428

PAGES OF HISTORY

Andrey A. Yudin, Vladimir G. Zainullin

History and prospects of development of the Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences..... 436

CHRONCLE

In memory. Baranov Alexander Vasilyevich..... 442

ОБЗОРЫ/REVIEWS

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.303-316>
УДК 633.2:338.43(571.56)



Луговое кормопроизводство и ресурсосберегающие приемы повышения продуктивности кормовых угодий Якутии (обзор)

© 2021. Н. В. Барашкова^{1,2}, В. В. Устинова²✉

¹Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», г. Якутск, Российская Федерация

Основными источниками производства грубых кормов в Якутии являются естественные сенокосы и пастбища, с которых получают 85 % всех кормов. Естественные луга и пастбища в республике занимают обширные площади – 1,4 млн га, из них 740 тыс. га сенокосы и 670 тыс. га пастбища. Лугопастбищные угодья Якутии служат в экономическом плане важнейшим источником поддержания аграрного сектора и жизнеобеспечения местного населения. Целью обзорной статьи является анализ разработанных агротехнологических приемов по улучшению лугов и пастбищ Якутии и обоснование перспективных энергосберегающих приемов повышения их урожайности. В настоящее время научно-исследовательская работа по улучшению и восстановлению лугов и пастбищ направлена на энергосбережение, использование возобновляемых местных ресурсов и биологизацию луговодства с целью повышения продуктивности и качества объемистых кормов. Анализ развития северного луговодства в период интенсификации показал, что развитие собственной системы семеноводства районированных сортов и видов злаковых и бобовых трав позволяет успешно внедрять энергосберегающие агротехнологии. В данной статье предложены различные приемы энергосбережения в агротехнологиях – применение органических удобрений, использование районированных местных сортов и видов многолетних трав, увеличение площади бобово-злаковых травостоев для улучшения качества кормов, применение многооперационной сельхозтехники для снижения материальных затрат.

Ключевые слова: сенокосы и пастбища, типы лугов, агротехнологии, омоложение, удобрения, бобово-злаковые травостои, Центральная Якутия

Благодарности: исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Госзадания Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» по проекту VI.52.1.8. «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии», рег. № АААА-А71-117020110056-0.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертизу оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Барашкова Н. В., Устинова В. В. Луговое кормопроизводство и ресурсосберегающие приемы повышения продуктивности кормовых угодий Якутии (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):303-316. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.303-316>

Поступила: 10.03.2020 Принята к публикации: 24.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Meadow forage production and resource-saving methods for increasing the productivity of forage lands in Yakutia (review)

© 2021. Natalya V. Barashkova^{1,2}, Vasyona V. Ustinova²✉

¹Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russian Federation,

²Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russian Federation

The major sources of rough feed production in Yakutia are native hayfields and range lands, which provide 85 % of all feed. Natural grasslands and range lands occupy extensive grounds – 1.4 million hectares, of which 740 thousand hectares are hayfields and 670 thousand hectares are range lands. Grasslands of Yakutia are economically the most important source of supporting the agricultural sector and the livelihoods of the local population. The article analyzes the developed agritechnologies for improving grass and range lands of Yakutia and substantiates promising energy-saving methods for yield enhancement during land reforms. Currently, the research on the improvement and restoration of grass and range lands is focused on energy-saving, the use of renewable local resources and the biologization of grassland culture in order to increase the productivity and bulk feed

quality. The analysis of the northern grassland culture development during the intensification has shown that the development of own seed multiplication system of released varieties and species of legume grasses makes it possible to introduce successfully energy-saving agritechnologies. The article proposes various methods of energy-saving in agritechnologies, such as: application of organic fertilizers, use of the released local varieties and species of perennial grasses, increase in the area of legume-grass plant formations for improving the feed quality and the use of multiple-function agricultural equipment for cost saving.

Key words: hayfields and range lands, grassland types, agritechnology, renovation, fertilizers, legume-grass plant formations, Central Yakutia

Acknowledgment: The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Institute for Biological Problems of the Cryolithozone, the Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" under project VI.52.1.8. "Fundamental and applied aspects of studying the diversity of the flora of Northern and Central Yakutia", reg. No. AAAA-A71-117020110056-0.

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citations: Barashkova N. V., Ustinova V. V. Meadow forage production and resource-saving methods for increasing the productivity of forage lands in Yakutia (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):303-316. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.303-316>

Received: 10.03.2020

Accepted for publication: 24.05.2021

Published online: 23.06.2021

В сельском хозяйстве кормопроизводство является одной из трудоемких и энергоемких отраслей и занимает 70 % энергии и времени [1, 2, 3]. В Республике Саха (Якутия) основное производство объемистых кормов сосредоточено на естественных сенокосах и пастбищах, и их обеспеченность по республике составляет 60-70 %. В Якутии основным направлением развития сельского хозяйства является животноводство, одна из основных задач заключается в увеличении производства животноводческой продукции. Центральная Якутия – наиболее развитый сельскохозяйственный район республики, где находится 85 % сельскохозяйственных угодий, в том числе посевных площадей – 60 %, сенокосов и пастбищ – 82 %. Значительная площадь лугопастбищных угодий расположена в Центральной Якутии (90 %), где сосредоточено более 70 % крупного рогатого скота и лошадей.

По статистическим данным МСХ РС (Я), на 2019 г. в республике численность поголовья крупного рогатого скота составляет 188,9 тыс. голов, из них дойных коров – 71,9 тыс. голов, лошадей – 199,3 тыс. голов¹. Обеспеченность животноводства республики кормовым белком не превышает 40-50 %. Ежегодно происходит уменьшение сенокосных угодий на 14 %, снижение урожайности на 25 % вследствие сокращения работ по коренному улучшению, несоблюдение мер ухода и рационального использования [4]. Скошенность лугов достигает 62 %, так как 270 тыс. га сенокосных

угодий не используются из-за затопления, заброшенности и труднодоступности отдаленных кормовых угодий. Значительная деградация кормовых угодий наблюдается в центральных улусах, где площадь деградированных, засоленных и низкоурожайных пастбищ достигает 230 тыс. га [5, 6]. В объемистых кормах отмечается недостаточная обеспеченность переваримым протеином (от 40-70 г в корм. ед.) при принятой зоотехнической норме – 105 г. В результате этого перерасход объемистых кормов в республике достигает 40 % и на производство 1 ц молока расходуется 1,8 ц кормовых единиц (при норме 1,3), на 1 ц прироста КРС затрачивается 16,4 ц кормовых единиц (при норме 11,5) [7, 8, 9, 10].

В Центральной Якутии природные кормовые угодья относятся к 4 типам лугов: пойменные, алассные и приозерные, мелкодолинные и суходольные.

Пойменные луга занимают наибольшие площади в пойме р. Лены, ее притоков – Вилюя, Алдана, Амги и Татты. Средняя урожайность пойменных лугов 10-18 ц/га сена, что дает 37 % его валового сбора. По валовому сбору сена пойменные луга занимают второе место после алассных. С учетом природно-климатических условий формирования луговой растительности и гидрологического режима поемности луга в долине средней Лены по фитотопологической классификации кормовых угодий относятся к трем основным классам формаций: оstepненные, настоящие и болотистые [11, 12, 13].

¹О предварительных итогах агропромышленного комплекса Якутии. [Электронный ресурс].

URL: <https://minsel.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3255591> (дата обращения 10.02.2020).

Краткопоемные (остепненные) луга приурочены к высоким уровням центральной поймы. Они заливаются паводками в отдельные годы при образовании ледовых заторов на реке, вызывающих повышение уровня воды. Урожайность краткопоемых лугов невысокая – 3-4 ц/га сена.

Среднепоемные (настоящие) луга занимают большую часть центральной поймы, а также участки прирусловой и притеррасной поймы и заливаются полыми водами в течение 3-4 недель. В составе растительности преобладают мезоксерофиты с урожайностью до 10-12 ц/га сена. Наиболее важны с учетом хозяйственной значимости и распространены разновидности ячменных лугов (ячмень короткоостистый, полевица белая, пырей ползучий) с урожайностью до 10-15 ц/га сена.

Долгопоемные (болотистые) луга формируются в условиях продолжительного застаивания паводковыми водами. Они характерны для пониженных участков пойм. Почвы под болотистыми лугами мерзлотные пойменные лугово-болотистые. В хозяйственном отношении наибольшую ценность представляют вейниковые луга, которые занимают значительные площади, но они часто сильно закочкарены.

Аласные и приозерные луга, наиболее типичные для Лено-Амгинской и Вилюйской зон, с которых получают до 36 % валового сбора сена. Урожайность аласных лугов колеблется от 4 до 13 ц/га в зависимости от атмосферных осадков. Для аласных лугов и пастбищ характерно сильное колебание не только по урожайности, но и по питательности и ценности кормов [14].

Мелкодолинные (таежно-речные) луга представляют особую разновидность пойменных лугов и расположены в долинах таежных, мелких рек. По валовому сбору объемистого корма эти луга занимают третье место (26 %), и в основном используются для выпаса КРС и табуневки лошадей.

Суходольные луга занимают 1067 тыс. га, или 68 % всей площади лугов. Они располагаются на дренированных и незаливаемых частях долин рек и по сухим логам, а также нередко формируются как вторичное образование на раскорчеванных участках и заброшенных поселениях. В большинстве своем суходольные луга представлены аласами, межаласными повышениями (15 %) и заброшенными пашнями среди тайги. На суходолах

встречаются разнотравно-пырейные луга с преобладанием пырея ползучего. Из разнотравья отмечается обилие кровохлебки, василистника простого, подмаренников. Иногда встречаются осоково-разнотравные или осоково-пырейно-разнотравные луга с участием осоки твердоватой. В кормовом балансе суходольные луга дают до 1,0 % собираемого грубого корма, а в основном они используются как летние и ранневесенние пастбища.

В Центральной Якутии для пастбища КРС и лошадей используются в основном аласные и приозерные луга (55 % всей площади), пойменные – до 23 %, таежно-речные мелкодолинные – до 17 % и суходольные – до 4 %. В республике разработана схема использования естественных пастбищ крупным рогатым скотом в зависимости от их местоположения. Для рационального использования естественных пастбищ рекомендуется четырехлетний пастбищеборот, согласно которому необходимо чередовать двукратный выпас за сезон (весной и осенью) со стравливанием после обсеменения основных видов дикорастущих трав. Снижение продуктивности лугопастбищных угодий наблюдается при уменьшении надела сенокосов и пастбищ менее 5 га на одну условную голову, то есть при возрастании нагрузки [15]. В целом по республике на одну условную голову скота приходится 4,8-5,0 га [16].

Основными причинами низкого производства объемистых кормов являются слабое обеспечение лугового кормопроизводства сельскохозяйственной техникой, резкое снижение объемов применения удобрений, нарушение системы семеноводства многолетних трав, а также полное прекращение культурно-технических, лугомелиоративных мероприятий на сенокосах и пастбищах, что привело к снижению плодородия мерзлотных почв и продуктивности лугопастбищных угодий. Традиционная система скотоводства республики не предусматривает четкого разделения сенокосов и пастбищ, вследствие этого усиливается деградация лугопастбищных угодий, особенно в Пригородной и Заречной зонах Якутии.

Цель обзора – провести анализ зональных агротехнологий, разработанных в период интенсификации и проведения аграрных реформ, с целью обоснования энергосберегающих приемов повышения продуктивности кормовых угодий в Республике Саха (Якутия).

Материал и методы. Авторами изучены материалы научных исследований в области лугового кормопроизводства Республики Саха (Якутия). Для проведения анализа разработанных агротехнологий улучшения сенокосов и пастбищ Якутии проведен поиск источников в библиографических базах, научных электронных библиотеках и поисковых системах: eLIBRARY.RU, Scopus, Google.ru. Были приняты во внимание научные статьи на русском и английском языках. Глубина поиска – с 2008 года. Для написания обзорной статьи использовали методические рекомендации Якутского НИИСХ СО РАН, а также научные статьи сотрудников Якутского НИИСХ СО РАН и ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в рецензируемых изданиях за период 2015-2020 гг., иностранных авторов по данной специальности за 2019-2020 гг., а также статистические данные Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) за 2019-2020 гг. Поисковые запросы выполняли по следующим ключевым словам: кормопроизводство, луговое кормопроизводство, азотфикссирующие бактерии, луговодство, новые технологии в луговом и полевом кормопроизводстве.

Основная часть. Одним из основных направлений по увеличению объема и качества кормов для животноводства республики является северное травосеяние. Стабильность и устойчивость кормовой базы во многом определяется адаптивностью создаваемых видов и сортов злаковых и бобовых трав и их реакцией на стрессовые условия произрастания.

В период интенсификации сельского хозяйства луговое кормопроизводство Якутии развивалось интенсивно и широко внедрялось в производство благодаря использованию потенциала местной селекции кормовых культур, химизации, мелиорации и механизации. В результате интенсификации луговодства в республике сохранились около 100 тыс. га старовозрастных сенокосов, которые подлежат восстановлению путем посева трав с целью сохранения продуктивного долголетия и реконструкции их в сенокосы.

Как показал производственный опыт прошлых лет, большие перспективы могут получить разработанные агротехнологии создания сеяных сенокосов и пастбищ при восстановлении системы семеноводства многолетних трав. Якутскими селекционерами создано и выведено более 20 сортов кормовых многолетних трав, из них 15 сортов

включены в Госреестр РФ для использования в производстве [17, 18, 19, 20]. С 2004 г. проводятся комплексные биотехнологические исследования (методы получения нового исходного материала для селекции люцерны и эспарцета) в рамках договора о сотрудничестве между Институтом северного луговодства АН РС (Я) и Сибирским НИИ кормов СО РАСХН. Впервые в условиях Якутии биотехнологическими методами созданы и выявлены ценные генетические формы люцерны. Рекуррентная регенерация люцерны позволила на основе зимостойких и продуктивных форм сформировать синтетическую популяцию (346 сомаклонов) люцерны, где значительная часть растений с прямостоячими кустами и бобами формы спирально-закрученными в 2-3 оборота по сравнению с районированным сортом люцерны Якутская желтая, которая имеет серповидные бобы. Полученные данные позволяют увеличить семенную продуктивность растений люцерны и в сочетании с отбором способствуют получению новых форм с улучшенными хозяйственными ценными признаками для селекции. Также отработана методика регенерации и клонирования *in vitro* люцерны серповидной сорта Якутская желтая, люцерны изменчивой сорта Сюлинская, эспарцета песчаного сорта СибНИИК-30. В полевом питомнике высажены и изучаются 438 регенерантов люцерны R₀, идет индивидуальный отбор и их изучение [21, 22, 23].

Для развития практического луговодства Якутии требуется дальнейшее усовершенствование системы семеноводства районированных сортов и видов многолетних трав. Благодаря успешной совместной работе с авторами районированных сортов, в 1982 г. спецсемхозы произвели 107 т семян многолетних трав, в 1983 г. – 241 т, в том числе спецсемхоз «Сюлинский» – 125 т. В 1989 г. спецсемхоз «Сюлинский» увеличил производство семян луговых трав до 997 т. Всего за 1982-1990 гг. по системе семеноводства многолетних трав Якутии было произведено 2986,3 т семян. Биологизация кормопроизводства требует существенного улучшения семеноводства многолетних трав за счет семян бобовых видов.

В период интенсификации Якутским НИИСХ разработаны и внедрены зональные агротехнологии с учетом различных типов

лугов Центральной Якутии. Для Пригородной зоны эффективными для улучшения сенокосов являются следующие технологии: создание высокопродуктивных сеяных сенокосов на пойменных лугах с продуктивностью 3,5 тыс. корм. ед.; улучшение и рациональное использование естественных лугов Центральной Якутии с продуктивностью 2,0-2,5 тыс. корм. ед., улучшение и рациональное использование закочкаренных мелкодолинных лугов.

Для выродившихся и низкоурожайных пастбищ эффективны технологии создания и использования культурных пастбищ для КРС на пойменных лугах с продуктивностью 4,0-4,5 тыс. корм. ед. и технологии создания и использования культурных пастбищ для молочных коров на мерзлотных почвах Центральной Якутии с продуктивностью до 4,8 тыс. корм. ед. с включением бобовых трав в травостой [13, 24, 25, 26, 27].

Для Заречной зоны внедрены технологии омоложения аласных лугов с продуктивностью 1,8-2,0 и 3,0 тыс. корм. ед. (сроки, дозы внесения удобрений, перегноя, минимизация обработки почв и подсев травосмесей) [28]. В условиях Вилуйской зоны широкое распространение получили технологии улучшения суходольных аласных лугов и низкозатратная технология омоложения аласных лугов с продуктивностью 2,5-3,0 тыс. корм. ед. (сроки, дозы внесения цеолита, перегноя, подсев злаковых и злаково-бобовых травосмесей).

В период энергосбережения особое значение приобретает применение органических удобрений с целью замены минеральных, доставка которых ограничена в связи с их удороожанием и труднодоступностью. В современных условиях разработанные зональные агротехнологии совершенствуются для разнообразных форм хозяйствования, в том числе с учетом ограниченных материально-технических ресурсов. При этом необходимо широко использовать местные ресурсы и внедрять доступные энергосберегающие технологии с целью быстрой их окупаемости.

Луговые травы потребляют на формирование каждого центнера сухого вещества в среднем 1,5-2,0 кг азота и калия, 0,4-0,6 кг фосфора. При пастбищном использовании, когда масса отчуждается многократно, потребности в азоте и фосфоре возрастают почти в 1,5-2,0 раза [29]. Важным условием эффективного использования органических удобрений (перегной) на лугах и пастбищах

является усиление взаимодействия его с почвой и корневой системой растений, что достигается втиранием в дернину балуром (бревном с зарубками) или боронованием. Внесение свежего навоза и навозной жижи исключается из-за последующего засорения кормовых угодий сохранившимися семенами сорных растений в навозе. При использовании местных удобрений (перегной, перепревший навоз, торф, цеолит) снижаются затраты за счет внутрихозяйственных возобновляемых ресурсов.

Использование всех ресурсов органических удобрений является наиболее дешевым способом регулирования плодородия почв, питания растений, повышения урожайности и качества продукции. Наиболее доступным и ценным органическим удобрением в Якутии является навоз крупного рогатого скота. В земледельческих улусах республики за зимний период выход свежего навоза КРС может достигнуть около 2,1 млн т, из которого можно приготовить около 500 тыс. т полуперепревшего навоза или 1 млн т компоста с добавлением торфа или сапропеля. В составе перегноя («этех» – местное название) содержится 0,92 % азота, 0,87 % фосфора и 0,85 % калия. При внесении 30 т/га перегноя поступает в почву 280 кг N, 260 кг P₂O₅ и 250 кг K₂O [30, 31]. По данным Агрохимической службы республики, содержание азота в перегное «этех» обычно достигает 0,37-1,50 %, фосфора 0,51 % и калия 0,60 % при влажности 35-41 %. Особенностью местного навоза, перегноя, по сравнению с другими регионами, является щелочная реакция среды [32].

В последнее время разработаны энергосберегающие агротехнологии улучшения остеиненных лугов в зависимости от разных типов растительности, которые расположены в долине средней Лены. На пырейных лугах второй надпойменной террасы р. Лена следует применять комплексные (перегной 20 т/га 1 раз в 4 года + N₆₀P₆₀K₆₀ ежегодно) и минеральные удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀, обеспечивающие увеличение продуктивности в 3,3 раза, получение до 22,8-25,6 ц/га сена 1-2 класса с содержанием сырого протеина до 13,8-15,0 %.

На разнотравно-злаковых лугах целесообразно использовать перегной 20 т/га 1 раз в 4 года и комплексные удобрения (перегной 20 т/га 1 раз в 4 года + N₆₀P₆₀K₆₀ ежегодно), которые обеспечивают получение урожайности сена до 13,3-17,0 ц/га 2 класса и сбор кормовых единиц с 1 га до 745-1105 кг.

Во влажные годы на оstepненных лугах надпойменной террасы р. Лена следует вносить органические удобрения (перегной 20 т/га ежегодно), обеспечивающие производство сена до 11,4 ц/га СВ 2 класса со сбором кормовых единиц с 1 га до 684 кг [33, 34, 35].

В период аграрных реформ, в связи многоукладностью хозяйств, для проведения культуртехнических, водохозяйственных работ по улучшению сенокосов и пастбищ необходимо использовать практический потенциал лугово-мелиоративных бригад, способных проводить залужение путем посева районированных сортов и видов многолетних злаковых и бобовых трав. Система семеноводства многолетних трав в республике может производить семена трав до 46 т, из них 25 т семян злаковых трав для улучшения сенокосных угодий, что позволяет проводить ежегодно коренное улучшение на 1000 га и увеличивать площади сеяных сенокосов и пастбищ.

Эффект сбережения ресурсов в луговом кормопроизводстве достигается за счет правильного выбора первоочередных объектов улучшения, адаптивной технологии обработки почвы, создания сеяных специализированных травосмесей из районированных сортов и видов трав, а также рационального режима использования и ухода за травостоями.

Эффективным и низкозатратным способом поверхностного улучшения лугопастбищных угодий является подсев ценных видов злаковых, бобовых или их смесей в дернину естественного или старосеяного травостоя. Поверхностное улучшение применяют в том случае, когда в травостое сохранились не менее 25 % ценных по хозяйственной значимости дикорастущих трав (ячмень короткоостый, пырей ползучий, кострец иркутский и безостый, мятыник луговой, бескильница тонкоцветковая, лисохвост тростниквидный), а покрытие кустарниками и кочками не превышает 25-30 % площади. Омоложение кормовых угодий устраняет опасность выворачивания на поверхность засоленного горизонта почвы, сохраняет плодородие верхнего слоя, позволяет в лучшие агротехнические сроки с меньшей потерей влаги провести подготовку почвы к посеву (подсеву) трав, а также не способствует вторичному засолению мерзлотных почв Якутии.

Технология подсева трав (или омоложение) имеет ряд организационных и экономиче-

ских преимуществ по сравнению с коренным улучшением. При омоложении капитальные затраты окупаются в течение одного-двух лет за счет сокращения числа проходов техники при использовании однооперационных машин в 2 раза, а при комбинированных агрегатах в 4-7 раз. При подсеве трав с пониженной нормой высева уменьшается расход семян на 30-50 %. Применение поверхностной обработки почвы (фрезерование, дискование) позволяет снизить затраты на ГСМ до 30-45 %, а при использовании дерниной сеялки СДК-2,8 обеспечивается снижение нормы высева семян на 50 %, затрат на ГСМ при обработке почв на 30 % и увеличение урожайности на 35-50 %, что сопоставимо с результатами, полученными в Нечерноземной зоне РФ [36, 37, 38].

Эффективным приемом является также своевременное внесение минеральных удобрений, обеспечивающих прибавку урожая сена на 20-30 %. Несмотря на затраты по приобретению и доставке минеральных удобрений внесение их на сенокосы и пастбища является эффективным и наиболее быстродействующим приемом поверхностного улучшения при благоприятном и достаточном увлажнении почв. Применение удобрений на естественных лугах и пастбищах Якутии увеличивает участие ценных видов трав в 3-6 раз, что приводит к снижению засоренности без затрат на применение гербицидов и других приемов. При этом улучшается качество объемистого и зеленого корма за счет повышения содержания сырого протеина, обменной энергии, фосфора, кальция и других макро- и микроэлементов [39, 40].

В период энергосбережения первоочередными объектами коренного улучшения являются пойменные луга настоящие среднего и высокого уровня, окультуренные, т. е. старовозрастные, а также заброшенные пашни с выровненной поверхностью и изгородью вблизи ферм, площадь которых достигает 46 тыс. га. Создание сеяного травостоя проводится на низкопродуктивных выродившихся лугах, а также на участках из-под раскорчевок. Удаление кочек и кустарников проводят, в первую очередь, на землях с более устойчивым увлажнением на пойменных, мелкодолинных и незасоленных аласных лугах.

Наиболее рациональным способом коренного улучшения пойменных лугов высокого и среднего уровней с маломощной дерниной и старовозрастных является ускоренное залу-

жение. Лучшим сроком основной обработки почвы рекомендуется осенний с последующей весенней предпосевной подготовкой. На мало-среднепойменных и незасоленных мелкодолинных, аллювиальных и суходольных лугах с умеренно мощной дерниной можно использовать все виды основной обработки почвы: поверхностные обработки (дискование, фрезерование) и сочетание их с глубоким рыхлением или со вспашкой на глубину гумусового слоя.

При освоении среднезакочкаренного луга (25-30 тыс. кочек на га) под сеяные кормовые угодья дернину обрабатывают дискованием БДТ-3 в два следа, вспашкой кустарниково-болотным плугом ПБИ-1,2 на глубину 20-25 см с последующей разделкой пласта дисковыми боронами или фрезами в 2-3 следа. Сразу после обработки дернину прикатывают водоналивным катком.

Современное земледелие полностью основывается на принципах адаптивно-ландшафтного ведения, для ускоренного перевода кормопроизводства в рамки адаптивно-ландшафтного земледелия используется системный подход к оценке ранее разработанных технологий в условиях интенсификации. С учетом развития рыночной экономики в стране и в условиях Якутии разработаны многовариантные системы ведения сенокосов и пастищ на основе адаптивного кормопроизводства с целью энергосбережения всех затрат на производство сельскохозяйственной продукции. При анализе развития лугового кормопроизводства Якутии выделяются несколько систем ведения луговодства в зависимости от уровня обеспеченности ресурсами и технологиями. Однако наиболее экономически выгодными являются низкозатратные системы ведения луговодства: техногенно-органическая и биологическая, которая значительно улучшает и повышает плодородие мерзлотных почв.

Примитивная система луговодства Якутии представляет простое кормодобывание на естественных кормовых угодьях. В условиях республики эта система применяется широко на лугопастбищных угодьях (до 95 %). Продуктивность этих угодий при данной системе обеспечивается за счет природного плодородия почв и видового состава естественных травостоев. В этой системе наиболее ярко проявляются негативные процессы: резкое снижение урожайности, дегрессия пастищ, увеличение антропогенных нагрузок. За последние годы в результате технического, антропогенного и зоогенного воздействий произошла сильная деградация и сбитость сенокосно-пастищных угодий Якутии до 40 %. Естественное плодородие мерзлотных почв низкое, они бедны подвижными формами питательных элементов, особенно нитратным и аммиачным азотом [41].

В зависимости от наличия средств и внутрихозяйственных ресурсов в хозяйствах республики могут эффективно применяться многовариантные системы ведения сеяных сенокосов и пастищ [42, 43, 44]. Практическое значение различных систем ведения сенокосов и пастищ заключается в том, что они позволяют рационально и эффективно распределить антропогенные нагрузки, снизить темпы деградации природных кормовых угодий, улучшить структуру агроландшафтов и т. д. Особенno важно то, что товаропроизводители получили возможность выбирать доступные низкозатратные агротехнологии для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом адаптивности к местным условиям.

В хозяйствах, имеющих значительные запасы возобновляемых ресурсов и не располагающих средствами на приобретение минеральных удобрений, следует применять органические удобрения с внесением 40 т/га перегноя при залужении (один раз в 4 года), которые обеспечивают получение на злаковом травостое до 1,7 тыс. корм. ед. и на злаково-бобовом пастище 2,2 тыс. корм. ед. с 1 га.

В Пригородной зоне при обеспеченности хозяйств удобрениями и семенами применять залужение и внесение $N_{120}P_{60}K_{60}$, позволяющие получить на злаковом пастище 2,1-2,4 тыс. корм. ед. и на злаково-бобовом сенокосе при внесении $P_{60}K_{60}$ – 2,8-3,3 тыс. корм. ед. с 1 га за счет замены технического азота на биологический.

На отдаленные участки (сайылых) рекомендовано проводить посевы многолетних трав без удобрений, используя запасы естественного почвенного плодородия. В данных условиях залужение злаковой травосмесью из ломкоколосника ситникового сорта Манчаары (8 кг/га), костреца безостого сорта Халтагайский (20 кг/га) и пырейника изменчивого сорта Ленский (16 кг/га при 100%-ой посевной годности) обеспечивает получение 1,4 тыс. корм. ед., а злаково-бобовой травосмесью (те же злаки с включением люцерны Якутская желтая, 8 кг/га семян) – до 1,9 тыс. корм. ед. с 1 га [45]. Полученные результаты сопостав-

вимы с показателями создания и использования злаковых и бобово-злаковых травосмесей в условиях Нечерноземной зоны России [46, 47, 48, 49].

Заключение. В научном обзоре рассмотрены разработанные зональные агротехнологии улучшения и восстановления лугопастбищных угодий Якутии, которые позволяют обосновать энергосберегающие и доступные приемы для повышения урожайности и производства кормов. Эффективность энергосберегающих агротехнологий заключается в проведении омоложения на малоурожайных и деградированных кормовых угодьях путем внесения удобрений, в том числе местных (перегной, торф, цеолит), подсева трав или смесей, в расширении посевов бобово-злаковых травосмесей, обеспечивающих повышение продуктивности кормовых угодий в 4-7 раз

по сравнению с естественными лугами. Низкозатратные приемы обработки почвы позволяют использовать элементы питания, закрепленные в дернине, и обеспечивают применение многооперационной техники для снижения затрат труда и ГСМ на 30-45 %. Значительным резервом применения энергосберегающих агротехнологий является реконструкция заброшенных пашен в сенокосы и пастбища, площадь которых увеличивается с каждым годом. Соблюдение агротехнологической дисциплины, использование местных органических удобрений и районированных сортов многолетних злаковых и бобовых трав, государственное регулирование финансово-кредитной политики на основе развивающих субсидий позволит товаропроизводителям развивать и стабилизировать кормовую базу животноводства в Республике Саха.

Список литературы

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Агроэкологический потенциал природных кормовых угодий Западной Сибири. Кормопроизводство. 2020;(3):20-24. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/3-2020/02-01-1393/>
2. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Кормопроизводство Сибири. Кормопроизводство. 2016;(11):44-47. Режим доступа: http://kormoproizvodstvo.ru/arkiv_nomerov/arkiv-statej-doi/kormoproizvodstvo-sibiri/
3. Косолапов В. М., Трофимова И. А., Бычков Г. Н., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология. Кормопроизводство. 2016;(8):3-8. Режим доступа: http://kormoproizvodstvo.ru/arkiv_nomerov/arkiv-statej-doi/kormoproizvodstvo-racionalnoe-prirodopolzovanie-i-agroekologiya/
4. Павлова С. А., Пестерева Е. С., Захарова Г. Е. Кормопроизводство в Республике Саха (Якутия): состояние и перспективы. Кормопроизводство. 2018;(5):5-8. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/5-2018/05-2018-01-1216/>
5. Барашкова Н. В. Итоги исследований по биологии растений. Инновационные подходы к проблемам и перспективам развития агропромышленного комплекса в Республике Саха (Якутия): сб. тр. Междунар. научн.-практ. конф. Якутск: Издат-Принт, 2017. С. 358-361.
6. Барашкова Н. В., Данилова А. А., Аржакова А. П., Мартынова Л. В., Устинова В. В., Иванова Л. С. Продуктивность и средообразующий потенциал луговых фитоценозов в условиях среднетаежной подзоны Якутии: монография. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2020. 218 с. Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_07000426877/
7. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Обеспечение устойчивого производства кормов. Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. Петропавловск, 2018. Т.1. Вып. 1. С. 112-113. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37624634>
8. Гаганов А. П. К оценке качества объемистых кормов. Адаптивное кормопроизводство. 2020;(2):68-101. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-68-101>
9. Гаганов А. П. Использование кормов. В кн.: Кормовые экосистемы Центрального Черноземья России: агроландшафтные и технологические основы. М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2016. С. 601-640.
10. Lurette A., Stark F., Lecomte L., Lasseur J., Moulin Ch.-H. A model to explore which diversity is needed to design sustainable agricultural systems at the territorial level. Agronomy for Sustainable Development. 2020;(40):32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00634-3>
11. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Продуктивность природных кормовых угодий России. Использование и охрана природных ресурсов в России. 2016;(1(145)):42-50.
12. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Кормопроизводство в рациональном природопользовании, оптимизации, рациональной организации и охране агроландшафтов России.

Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: мат-лы XIII Междунар. ландшафтной конференции. Воронеж: изд-во Истоки, 2018. Т. 2. С. 140-141.

13. Устинова В. В., Барашкова Н. В. Видовой состав и продуктивность оステпненных лугов в зависимости от режима питания в условиях Центральной Якутии. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017;(131(07):672-683.

DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-131-057>

14. Данилова А. А., Савинов Г. Н., Данилов П. П., Гаврильева Л. Д., Ксенофонтова М. И., Петров А. А. Динамика свойств почвы при кратковременной изоляции деградированного пастбища в криолитозоне. В кн.: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. М.: ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2018. С. 324-328.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36537054&pff=1>

15. Слободчикова М. Н., Иванов Р. В., Хомподоева У. В. Оценка жирнокислотного состава сеяных и естественных травостоев при табенёвке лошадей якутской породы. Иппология и ветеринария. 2018;(3):20-27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36285550>

16. Иванов Р. В., Алферов И. В. Потребление и переваримость питательных веществ пастбищных кормов лошадьми якутской породы при свободной пастьбе. Аграрная Россия. 2020;(7):32-35. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-32-35>

17. Емельянова А. Г., Яковлев А. С., Степанова В. Р. Новый сорт костреца безостого Эркээни для сеяных сенокосов Якутии. Кормопроизводство. 2016;(5):25-28.

Режим доступа: https://kormoproizvodstvo.ru/arhiv_nomerov/5-2016/

18. Емельянова А. Г., Алексеева В. И., Корякина В. М. Агробиологическая оценка сортов костреца безостого (*Bromopsis inermis* (leyss.) Holub) в условиях криолитозоны Якутии. Международный сельскохозяйственный журнал. 2019;(6):8-12.

19. Емельянова А. Г., Алексеева В. И. Народная селекция сортов в Якутии. Уфа, 2020. 23 с.

20. Емельянова А. Г., Сивцева В. И., Платонова А. З. Оценка многолетних злаков сенокосного применения на надпойменной террасе средней Лены. Аграрная Россия. 2016;(3):16-20. Режим доступа: <http://agros.folium.ru/index.php/agros/article/view/2098>

21. Рожанская О. А., Дарханова В. Г., Строева Н. С., Королев К. Г., Ломовский О. И. Особенности регуляции морфогенеза эспарцета и люцерны *in vitro*. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008;(5):58-65. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10180331>

22. Строева Н. С., Дарханова В. Г. Получение растений-регенераторов *Medicago varia* индукцией каллусообразования листовых эксплантов в культуре *in vitro*. Наука и образование. 2017;(1):110-113.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28856031>

23. Строева Н. С., Дарханова В. Г., Воронов И. В., Филиппова Г. В. Клональное микроразмножение и селекция *Medicago varia* в условиях Центральной Якутии. Наука и образование. 2017;(3):124-129.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30395352>

24. Барашкова Н. В., Устинова В. В. Биохимический и минеральный состав естественного оステпненного луга при разных режимах питания в условиях Центральной Якутии. Вестник КрасГАУ. 2017;(4):44-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29408860>

25. Аржакова А. П., Барашкова Н. В., Устинова В. В. Особенности видового и биохимического состава луговых растений в условиях бассейна р. Индигирки. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018;20(5):148-154. Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2018/2018_5_148_154.pdf

26. Чевычелов А. П., Барашкова Н. В., Захарова О. Г. Устинова В. В., Аржакова А. П. Влияние длительного применения удобрений на урожайность растений и изменение свойств мерзлотной лугово-черноземной почвы. Агрохимический вестник. 2018;(3):26-31. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2018-10007>

27. Барашкова Н. В. Особенности проведения осенних сроков скашивания луговых травостоев в условиях Среднетаежной подзоны Якутии. Вестник КрасГАУ. 2020;(6):93-98.

DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-93-98>

28. Барашкова Н. В., Аржакова А. П., Устинова В. В. Средообразующий потенциал луговых естественных фитоценозов аласса Бээди в условиях Центральной Якутии. Кормопроизводство. 2018;(1):13-16. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/1-2018/1-2018-01-1110/>

29. Барашкова Н. В., Устинова В. В., Слепцова Н. А. Сравнительная оценка выноса питательных элементов с урожаем различными кормовыми культурами при внесении удобрений в условиях Центральной Якутии. Вестник КрасГАУ. 2018;(4):41-47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35423838>

30. Степанов А. И., Мерзлая Г. Е. Агроэкологическая эффективность органических удобрений в условиях мерзлотных почв. Российская сельскохозяйственная наука. 2018;(1):35-38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35259104>

31. Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А., Кирсанов Г. А., Коваленко А. А., Степанов А. И. Эффективное применение органических удобрений на основе птичьего помета. Научно-технологическое развитие АПК как

драйвер экономического роста ЕАЭС: сб. мат-лов Междунар. научн.-практ. конф. М.: ООО «Научный консультант», 2018. С. 212-221. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32714846>

32. Степанов А. И., Фёдоров А. Я., Николаева Ф. В., Борисова Д. В. Влияние органических удобрений и биопрепарата Флавобактерин на урожайность картофеля и плодородие почв. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018;48(6):30-36. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-6-4>

33. Десяткин Р. В. Особенности в алассных ландшафтах криолитозоны. Вестник Российской академии наук. 2020;90(2):160-168. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42446533>

34. Николаева М. Х., Десяткин Р. В. Динамика видового разнообразия и продуктивности опушечных фитоценозов аласов Центральной Якутии. Ботанический журнал. 2019;104(9):1421-1430. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41431812>

35. Макаров В. С., Саввинов Г. Н. Потенциал почвенной влаги в алассных почвах. Проблемы региональной экологии. 2018;(5):83-87. DOI: <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-15083>

36. Рекомендации по улучшению лугов и пастбищ в Северо-Восточном регионе Европейской части России. [подг. В. А. Сысуев и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2007. 116 с.

Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003383003>

37. Тебердиев Д. М., Родионова А. В., Запивалов С. А. Изменение продуктивности и показателей почвенного плодородия при применении приемов улучшения сенокоса. Аграрная Россия. 2020;(7):27-33. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-27-31>

38. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Родионова А. В., Жезмер Н. В., Проворная Е. Е. Инновационный ресурс производства высококачественных объемистых кормов на природных сенокосах. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(2):40-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32768052>

39. Привалова К. Н., Тебердиев Д. М., Проворная Е. Е., Каримов Р. Р., Цыбенко Н. С. Экономическая эффективность технологии создания и использования культурных пастбищ на основе усовершенствованных злаковых и бобово-злаковых травостоев. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(10):9-13
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41265237>

40. Барашкова Н. В., Аржакова А. П., Устинова В. В. Средообразующий потенциал луговых естественных фитоценозов аласа Бээди в условиях Центральной Якутии. Кормопроизводство. 2018;(1):13-16. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/1-2018/1-2018-01-1110/>

41. Кутузова А. А., Привалова К. Н., Тебердиев Д. М. Многофункциональная роль лугового кормопроизводства. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(2):23-27.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862001>

42. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М. Привалова К. Н., Родионова А. В., Проворная Е. Е., Жезмер Н. В. Основные направления развития кормопроизводства в России. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(2):17-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32768046>

43. Многовариантные ресурсо- и энергосберегающие технологии коренного улучшения основных типов природных кормовых угодий по зонам России: рекомендации. Коллектив авторов. М: ФГУ РЦСК, 2008. 50 с.

44. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Симбиотическая азотфиксация бобовыми травами в пастбищных травостоях. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научн. тр. М.: ООО «Угрешская типография», 2017. Вып. 15(63). С. 56-63.

Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-15-63.pdf>

45. Барашкова Н. В., Кузьмина А. В. Роль бобовых при создании сенокосных травосмесей в условиях мерзлотных почв Центральной Якутии. Научная жизнь. 2012;(3):76-81.

46. Цыбенко Н. С. Влияние видов и сортов бобовых трав на продуктивность пастбищных травостоев в Нечерноземной зоне. Мат-лы Междунар. научн. конф. молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И. С. Шатилова: сб. статей. М., 2017. С. 556-562. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/sbornik-100-let-shatilovy-2017.pdf/download/sbornik-100-let-shatilovy-2017.pdf>

47. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Эффективность усовершенствованных бобово-злаковых фитоценозов для создания культурных пастбищ. Материалы Междунар. научн. конф., посвящённой 175-летию К. А. Тимирязева. М., 2019. С. 470-473.

48. Иванова Н. Н., Анциферова О. Н., Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Амбросимова Н. Н. Перспективные травосмеси для пастбищного использования на осушенных землях Нечерноземной зоны. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):549-560. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560>

49. Зотов А. А., Косолапов В. М., Кобзин А. Г., Трофимов И. А., Уланов А. Н., Шевцов А. В., Шельменкина Х. Х., Щукин Н. Н. Сенокосы и пастбища на осушенных землях Нечерноземья: монография. М.-Астана, 2012. 1198 с.

Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/senokosy-i-pastbischha-na-osushaemykh-zemliakh-nechernozemia.pdf>

References

1. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Agroekologicheskiy potentsial prirodnnykh kormovykh ugodyi Zapadnoy Sibiri*. [Ecological potential of natural forage lands in Western Siberia]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2020;(3):20-24. (In Russ.).
URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/3-2020/02-01-1393/>
2. Kosolapov V. M., Trofimov I. A. *Kormoproizvodstvo Sibiri*. [Forage production in Siberia]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2016;(11):44-47. (In Russ.).
URL: http://kormoproizvodstvo.ru/arxiv_nomerov/arxiv-statej-doi/kormoproizvodstvo-sibiri/
3. Kosolapov V. M., Trofimova I. A., Bychkov G. N., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Kormoproizvodstvo, ratsional'noe prirodopol'zovanie i agroekologiya*. [Forage production, environmental management and agroecology]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2016;(8):3-8. (In Russ.).
URL: http://kormoproizvodstvo.ru/arxiv_nomerov/arxiv-statej-doi/kormoproizvodstvo-ratsionalnoe-prirodopolzovanie-i-agroekologiya/
4. Pavlova S. A., Pestereva E. S., Zakharova G. E. *Kormoproizvodstvo v Respublike Sakha (Yakutiya): sostoyanie i perspektivy*. [Fodder production in the Republic of Sakha (Yakutia): state and perspectives]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2018;(5):5-8. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/5-2018/05-2018-01-1216/>
5. Barashkova N. V. *Itogi issledovaniy po biologii rasteniy*. [Results of research on plant biology]. *Innovatsionnye podkhody k problemam i perspektivam razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Sakha (Yakutiya): sb. tr. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Innovative approaches to the problems and prospects of the development of the agro-industrial complex in the Republic of Sakha (Yakutia): collection of international scientific and practical works]. Izd-vo: *Izdat-Print*, 2017. pp. 358-361.
6. Barashkova N. V., Danilova A. A., Arzhakova A. P., Martynova L. V., Ustinova V. V., Ivanova L. S. *Produktivnost' i sredoobrazuyushchiy potentsial lugovykh fitotsenozov v usloviyakh srednetaehnoy podzony Yakutii: monografiya*. [Productivity and environment-forming potential of meadow phytocenoses in the middle taiga subzone of Yakutia: monograph]. Novosibirsk: izd-vo SO RAN, 2020. 218 p.
URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_07000426877/
7. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Obespechenie ustoychivogo proizvodstva kormov*. [Ensuring sustainable feed production]. *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i sel'skokhozyaystvennykh nauk: mat-ly VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Actual problems of science and education in the field of natural and agricultural sciences: Proceedings of the VI International scientific and practical conference]. Petropavlovsk, 2018. Vol. 1. Iss. 1. pp. 112-113. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37624634>
8. Gaganov A. P. *K otsenke kachestva ob'emistykh kormov*. [To evaluation quality of bulky feed]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* = Adaptive fodder production. 2020;(2):68-101. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.33814/APP-2222-5366-2020-2-68-101>
9. Gaganov A. P. *Ispol'zovanie kormov*. [Use of feed]. V kn.: *Kormovye ekosistemy Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii: agrolandscape i tekhnologicheskie osnovy*. [Forage ecosystems of the Central Black Earth Region of Russia: Agrolandscape and technological bases]. Moscow: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2016. pp. 601-640.
10. Lurette A., Stark F., Lecomte L., Lasseur J., Moulin Ch.-H. A model to explore which diversity is needed to design sustainable agricultural systems at the territorial level. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020;(40):32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00634-3>
11. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Produktivnost' prirodnnykh kormovykh ugodyi Rossii*. [Productivity of natural forage lands of Russia]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii*. 2016;(1(145)):42-50.
12. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Kormoproizvodstvo v ratsional'nom prirodopol'zovanii, optimizatsii, ratsional'noy organizatsii i okhrane agrolandscapev Rossii*. [Forage production in rational nature management, optimization, rational organization and protection of agricultural landscapes in Russia]. *Sovremennoe landscape-ekologicheskoe sostoyanie i problemy optimizatsii prirodnay sredy regionov: mat-ly XIII Mezhdunar. landscapey konferentsii*. [Modern landscape-ecological state and problems of optimization of the natural environment of the regions: Proceedings of the XIII International Landscape Conference]. Voronezh: izd-vo *Istoki*, 2018. Vol. 2. pp. 140-141.
13. Ustinova V. V., Barashkova N. V. *Vidovoy sostav i produktivnost' ostepnennykh lugov v zavisimosti ot rezhima pitaniya v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii*. [Species composition and efficiency of steppe meadows in dependence on the dietary regime in the conditions of Central Yakutia]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2017;(131(07):672-683. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-131-057>
14. Danilova A. A., Savvinov G. N., Danilov P. P., Gavril'eva L. D., Ksenofontova M. I., Petrov A. A. *Dinamika svoystv pochvy pri kratkovremennoy izolyatsii degradirovannogo pastbishcha v kriolitozone*. [Dynamics of soil properties of degraded pasture in the permafrost zone after short-term exclusion 324ft he grazing regime]. V kn.: *Novye metody i rezul'taty issledovanii landscapev v Evrope, Tsentral'noy Azii i Sibiri*. [New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow: VNII agrokhimii im. D. N. Pryanishnikova, 2018. pp. 324-328. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36537054&pff=1>

15. Slobodchikova M. N., Ivanov R. V., Khompodoeva U. V. *Otsenka zhirnokislotnogo sostava seyanykh i estestvennykh travostoev pri tebenevke loshadey yakutskoy porody*. [Evaluation of fatty acid composition of seeded and natural grass with to graze under the snow of yakut horses]. *Ippologiya i veterinariya*. 2018;(3):20-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36285550>
16. Ivanov R. V., Alferov I. V. *Potreblenie i perevarimost' pitatel'nykh veshchestv pastbishchnykh kormov loshad'mi yakutskoy porody pri svobodnoy past'be*. [Consumption and digestibility of nutrients of pasture feed by horses of the yakut breed during free grazing]. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2020;(7):32-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-32-35>
17. Emel'yanova A. G., Yakovlev A. S., Stepanova V. R. *Novyy sort kostretsa bezostogo Erkeeni dlya seyanykh senokosov Yakutii*. [The new smooth brome variety 'Erkeeni' for sown hayfields in Yakutia]. *Kormoprovodstvo* = Forage Production. 2016;(5):25-28. (In Russ.). URL: https://kormoproizvodstvo.ru/arhiv_nomerov/5-2016/
18. Emel'yanova A. G., Alekseeva V. I., Koryakina V. M. *Agrobiologicheskaya otsenka sortov kostretsa bezostogo (Bromopsis inermis (leyss.) Holub) v usloviyah kriolitozony Yakutii*. [Agrobiological evaluation of grades of smooth bromegrass (Bromopsis inermis (leyss.) Holub) in the conditions of the permafrost zone of Yakutia]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Agricultural Journal. 2019;(6):8-12. (In Russ.).
19. Emel'yanova A. G., Alekseeva V. I. *Narodnaya selektsiya sortov v Yakutii*. [Folk breeding of varieties in Yakutia]. Ufa, 2020. 23 p.
20. Emel'yanova A. G., Sivtseva V. I., Platonova A. Z. *Otsenka mnogoletnikh zlakov senokosnogo primeneniya na nadpoymennoy terrase sredney Leny*. [Evaluation of Perennial Grasses Hay Use on the Terrace Above the Floodplain of the Middle Lena]. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2016;(3):16-20. (In Russ.). URL: <http://agros.folium.ru/index.php/agros/article/view/2098>
21. Rozhanskaya O. A., Darkhanova V. G., Stroeva N. S., Korolev K. G., Lomovskiy O. I. *Osobennosti reguljatsii morfogeneza espartseta i lyutserny in vitro*. [Features of morphogenetic control of espart and alfalfa *in vitro*]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2008;(5):58-65. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10180331>
22. Stroeva N. S., Darkhanova V. G. *Poluchenie rasteniy-regeneratorov Medicago varia induktsiy kalsusoobrazovaniya listovykh eksplantov v kul'ture in vitro*. [In vitro callus induction and plant regeneration from leaf explants of *Medicago varia*]. *Nauka i obrazovanie* = The Education and Science Journal. 2017;(1):110-113. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28856031>
23. Stroeva N. S., Darkhanova V. G., Voronov I. V., Filippova G. V. *Klonal'noe mikrorazmnozhenie i selektsiya Medicago varia v usloviyah Tsentral'noy Yakutii*. [Clonal micropropagation and breeding of *Medicago varia* under conditions of central Yakutia]. *Nauka i obrazovanie* = The Education and Science Journal. 2017;(3):124-129. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30395352>
24. Barashkova N. V., Ustinova V. V. *Biohimicheskiy i mineral'nyy sostav estestvennogo ostepennennogo luga pri raznykh rezhimakh pitaniya v usloviyah Tsentral'noy Yakutii*. [Biochemical and mineral composition of natural calm meadow at different diets in the conditions of Central Yakutia]. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2017;(4):44-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29408860>
25. Arzhakova A. P., Barashkova N. V., Ustinova V. V. *Osobennosti vidovogo i biohimicheskogo sostava lugovykh rasteniy v usloviyah basseyna r. Indigirki*. [Features of species and biochemical composition of meadow plants under the conditions of the Indigirka river basin]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018;20(5):148-154. (In Russ.). URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2018/2018_5_148_154.pdf
26. Chevychelov A. P., Barashkova N. V., Zakharova O. G., Ustinova V. V., Arzhakova A. P. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na urozhaynost' rasteniy i izmenenie svoystv merzlotnoy lugovo-chernozemnoy pochvy*. [The effect of long-term use of fertilizers on crop yields and changes in the properties of permafrost meadow-chernozem soil]. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2018;(3):26-31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2018-10007>
27. Barashkova N. V. *Osobennosti provedeniya osennikh srokov skashivaniya lugovykh travostoev v usloviyah Srednetaezhnoy podzony Yakutii*. [The features of autumn terms of meadow grass mowing in the conditions of the middle taiga Subzone of Yakutia]. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2020;(6):93-98. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-93-98>
28. Barashkova N. V., Arzhakova A. P., Ustinova V. V. *Sredoobrazuyushchiy potentsial lugovykh estestvennykh fitotsenozov alasa Beedi v usloviyah Tsentral'noy Yakutii*. [Environment-forming potential of alpine natural grassland phytocenoses in the Central Yakutia]. *Kormoprovodstvo* = Forage Production. 2018;(1):13-16. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/1-2018/1-2018-01-1110/>
29. Barashkova N. V., Ustinova V. V., Sleptsova N. A. *Sravnitel'naya otsenka vynosa pitatel'nykh elementov s urozhаем razlichnymi kormovymi kul'turami pri vnesenii udobreniy v usloviyah Tsentral'noy Yakutii*. [Comparative assessment of carrying out nutritious elements with the harvest of various forage crops at application of fertilizers in the conditions of the Central Yakutia]. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2018;(4):41-47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35423838>

30. Stepanov A. I., Merzlaya G. E. *Agroekologicheskaya effektivnost' organicheskikh udobreniy v usloviyakh merzlotnykh pochv*. [Agroecological efficiency of organic and mineral fertilizers under conditions of frozen soil]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2018;(1):35-38. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35259104>
31. Merzlaya G. E., Afanas'ev R. A., Kirsanov G. A., Kovalenko A. A., Stepanov A. I. *Effektivnoe primenie organicheskikh udobreniy na osnove ptich'ego pometa*. [Effective use of organic fertilizers on the basis of bird droppings]. *Nauchno-tehnologicheskoe razvitiye APK kak drayver ekonomicheskogo rosta EAES: sb. mat-lov Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Scientific and technological development of the agro-industrial complex as a driver of economic growth in the EAEU: Collection of articles based on the materials of the International scientific and practical conference]. Moscow: OOO «Nauchnyy konsul'tant», 2018. pp. 212-221. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32714846>
32. Stepanov A. I., Fedorov A. Ya., Nikolaeva F. V., Borisova D. V. *Vliyanie organicheskikh udobreniy i biopreparata Flavobakterin na urozhaynost' kartofelya i plodorodie pochv*. [The effect of organic fertilizers and bio-preparation Flavobacterin on potato yield and soil fertility]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2018;48(6):30-36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-6-4>
33. Desyatkin R. V. *Osobennosti v alasnykh landshaftakh kriolitozony*. [Specific features of soil formation in alas landscapes of the cryolithozone]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* = Herald of the Russian Academy of Sciences. 2020;90(2):160-168. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42446533>
34. Nikolaeva M. Kh., Desyatkin R. V. *Dinamika vidovogo raznoobraziya i produktivnosti opushechnykh fitotsenozov alasov Tsentral'noy Yakutii*. [Dynamics of species diversity and productivity of alas margin phytocenoses in Central Yakutia]. *Botanicheskiy zhurnal*. 2019;104(9):1421-1430. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41431812>
35. Makarov V. S., Savvinov G. N. *Potentsial pochvennoy vlagi v alasnykh pochvakh*. [Alas soils moisture potential]. *Problemy regional'noy ekologii* = Regional Environmental Issues. 2018;(5):83-87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-15083>
36. *Rekomendatsii po uluchsheniyu lugov i pastbisch v Severo-Vostochnom regione Evropeyskoy chasti Rossii*. [Recommendations for improving meadows and pastures in the North-Eastern region of the European part of Russia]. [podg. V. A. Sysuev i dr.]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2007. 116 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003383003>
37. Teberdiev D. M., Rodionova A. V., Zapivalov S. A. *Izmenenie produktivnosti i pokazateley pochvennogo plodorodiya pri primenenii priemov uluchsheniya senokosa*. [Changes in productivity and soil fertility indicators on application of methods for improving a hayland]. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2020;(7):27-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-27-31>
38. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M., Rodionova A. V., Zhezmer N. V., Provornaya E. E. *Innovatsionnyy resurs proizvodstva vysokokachestvennykh ob'emistykh kormov na prirodnnykh senokosakh*. [Innovative resource of production of high-quality bulky feeds on native hayfields]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(2):40-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32768052>
39. Privalova K. N., Teberdiev D. M., Provornaya E. E., Karimov R. R., Tsybenko N. S. *Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologii sozdaniya i ispol'zovaniya kul'turnykh pastbisch na osnove usovershenstvovannykh zlakovykh i bobovo-zlakovykh travostoev*. [Economic efficiency of a technology for the creation and use of cultivated pastures based on advanced cereal and legume grasses]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2019;33(10):9-13. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41265237>
40. Barashkova N. V., Arzhakova A. P., Ustinova V. V. *Sredoobrazuyushchiy potentsial lugovykh estestvennykh fitotsenozov alasov Beedi v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii*. [Environment-forming potential of alas natural grassland phytocenoses in the Central Yakutia]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2018;(1):13-16. (In Russ.). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/1-2018/1-2018-01-1110/>
41. Kutuzova A. A., Privalova K. N., Teberdiev D. M. *Mnogofunktional'naya rol' lugovogo kormoproizvodstva*. [Multifunctional role of meadows forage production]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2017;(2):23-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862001>
42. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M. Privalova K. N., Rodionova A. V., Provornaya E. E., Zhezmer N. V. *Osnovnye napravleniya razvitiya kormoproizvodstva v Rossii*. [Main directions of the development of meadow fodder production in Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(2):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32768046>
43. *Mnogovariantnye resursno-energosberegayushchie tekhnologii korenogo uluchsheniya osnovnykh tipov prirodnnykh kormovykh ugody po zonam Rossii: rekomendatsii*. [Multiple resource-and energy-saving technologies for the radical improvement of the main types of natural forage lands in the zones of Russia]. *Kollektiv avtorov*. Moscow: FGU RTsSK, 2008. 50 p.
44. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. *Simbioticheskaya azotifikatsiya bobovymi travami v pastbischnykh travostoyakh*. [Symbiotic nitrogen fixation by leguminous grasses in pasture herbage]. *Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauchn. tr.* [Multifunctional adaptive feed production]. Moscow: OOO «Ugreshskaya tipografiya», 2017. Iss. 15(63). pp. 56-63. URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-15-63.pdf>

45. Barashkova N. V., Kuz'mina A. V. *Rol' bobovykh pri sozdaniii senokosnykh travosmesey v usloviyakh merzlotnykh pochv Tsentral'noy Yakutii*. [The role of legumes in the creation of hay grass mixtures in permafrost soils in Central Yakutia]. *Nauchnaya zhizn'*. 2012;(3):76-81. (In Russ.).

46. Tsybenko N. S. *Vliyanie vidov i sortov bobovykh trav na produktivnost' pastbischnykh travostoev v Nechernozemnoy zone*. [Influence of species and varieties of leguminous grasses on the productivity of pasture herbage in the Non-Chernozem zone]. Mat-ly Mezhdunar. nauchn. konf. molodyykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 100-letiyu I. S. Shatilova: sb. statey. [Proceedings of the International scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 100th anniversary of I. S. Shatilova]. Moscow, 2017. pp. 556-562. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/sbornik-100-let-shatilovy-2017.pdf>

47. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. *Effektivnost' usovershenstvovannykh bobovo-zlakovykh fitotsenozov dlya sozdaniya kul'turnykh pastbisch*. [The effectiveness of improved legume-cereal phytocenoses for the creation of cultivated pastures]. *Materialy Mezhdunar. nauchn. konf., posvyashchennoy 175-letiyu K. A. Timiryazeva*. [Materials of the international scientific conference dedicated to the 175th anniversary of K. A. Timiryazev]. Moscow, 2019. pp. 470-473.

48. Ivanova N. N., Antsiferova O. N., Kapsamun A. D., Pavlyuchik E. N., Ambrosimova N. N. *Perspektivnye travosmesi dlya pastbischchnogo ispol'zovaniya na osushaemykh zemlyakh Nechernozemnoy zony*. [Promising grass mixtures for pasture use on drained lands of the Non-Chernozem Zon]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):549-560. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560>

49. Zotov A. A., Kosolapov V. M., Kobzin A. G., Trofimov I. A., Ulanov A. N., Shevtsov A. V., Shel'menki-na Kh. Kh., Shchukin N. N. *Senokosy i pastbishcha na osushaemykh zemlyakh Nechernozem'ya: monografiya*. [Hayfields and pastures on drained lands of the Non-Chernozem region: monograph]. Moscow – Astana, 2012. 1198 p. URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/senokosy-i-pastbishcha-na-osushaemykh-zemliakh-nechernozemia.pdf>

Сведения об авторах

Барашкова Наталья Владимировна, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», д. 41, пр-кт Ленина, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677000; профессор, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», д. 3, Сергеяихское шоссе, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677007,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0449-3482>

✉ **Устинова Васёна Васильевна**, кандидат с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», д. 3, Сергеяихское шоссе, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация, 677007, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, e-mail: vasyona_8@mail.ru

Information about the authors

Natalya V. Barashkova, DSc in Agricultural Science chief researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, 41, Lenin Ave, Yakutsk, Sakha (Yakutia) Republic, Russian Federation, 677000; professor, Arctic State Agrotechnological University, 3, Sergelyakhskoye Highway, Yakutsk, Sakha (Yakutia) Republic, Russian Federation, 677007,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0449-3482>

✉ **Vasyona V. Ustinova**, PhD in Agricultural Science, associate professor, Arctic State Agrotechnological University, 3, Sergelyakhskoye Shosse, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russian Federation, 677007,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, e-mail: vasyona_8@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

Современные подходы генетической идентификации породной принадлежности сельскохозяйственных животных (обзор)

© 2021. А. Ю. Криворучко, А. В. Скокова[✉], О. А. Яцык, А. А. Каниболоцкая
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,
г. Михайловск, Российская Федерация

Для дальнейшего совершенствования породных качеств сельскохозяйственных животных необходима селекция, базирующаяся на достоверной информации о принадлежности животных к той или иной породе, что является залогом качественной селекционной работы. В связи с этим возникает необходимость поиска новых методов надежной идентификации породной принадлежности животных. В статье приведен анализ методов, основанных на достижениях современной генетики, которые используются для получения более точной информации при определении породной принадлежности животных. Дано краткое описание методов определения видовой и породной идентификации животных на основе молекулярных маркеров ДНК. Анализируются методы, основанные на изучении полиморфизма митохондриальной ДНК и микросателлитов. Особое внимание в настоящем обзоре уделено последним наиболее перспективным достижениям в области высокопроизводительных технологий генотипирования, основанных на полиморфизме единичных нуклеотидов (SNP). Анализ литературных источников показал, что каждая порода сельскохозяйственных животных характеризуется своей уникальной генетической структурой, что позволит дать объективный результат при определении породной принадлежности.

Ключевые слова: вид, порода, селекция, генетика, геномные технологии, генотипирование, молекулярные маркеры ДНК

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» АААА-А19-119072690006-3 (тема № 0513-2019-0002).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Криворучко А. Ю., Скокова А. В., Яцык О. А., Каниболоцкая А. А. Современные подходы генетической идентификации породной принадлежности сельскохозяйственных животных (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):317-328. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.317-328>

Поступила: 25.02.2021 Принята к публикации: 27.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Modern approaches to the genetic identification of farm animal breeds (review)

© 2021. Alexander Y. Krivoruchko, Antonina V. Skokova[✉], Olesya A. Yatsyk,
Anastasia A. Kanibolotskaya

North-Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhaylovsk, Russian Federation

To improve the breed characters of farm animals, there is the need for breeding based on reliable information about the particular breed of animals, which is the key to high-quality breeding work. In this regard, there is a need to search for new methods of reliable identification of the breed of animals. The article presents an analysis of methods based on the achievements of modern genetics, which are used to obtain more accurate information when determining the breed of animals. A brief description of methods for determining the species and breed identification of animals based on molecular DNA markers is given. Methods based on the study of polymorphism of mitochondrial DNA and microsatellites are analyzed. Special attention in this review is paid to the latest and most promising achievements in the field of high-performance genotyping technologies based on single nucleotide polymorphism (SNP). The analysis of the literature sources has shown that each breed of farm animals is characterized by its unique genetic structure, which should provide an objective result when determining the breed of the animal.

Keywords: species, breed, breeding, genetics, genomic technologies, genotyping, molecular DNA markers

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the North Caucasus Federal Agricultural Research Centre АААА19-119072690006-3 (theme No. 0513-2019-0002).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Krivoruchko A. Y., Skokova A. V., Yatsyk O. A., Kanibolotskaya A. A. Modern approaches to the genetic identification of farm animal breeds (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):317-328. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.317-328>

Received: 25.02.2021

Accepted for publication: 27.05.2021

Published online: 23.06.2021

Разведение и выращивание сельскохозяйственных животных играет важную роль в развитии человека, поскольку примерно 30 % наших общих потребностей в пище удовлетворяется за счет животноводства¹. Растущие требования к качеству продукции животноводства и ее количеству требуют от селекционеров постоянного улучшения существующих и выведения новых пород животных, отличающихся рядом уникальных свойств.

По данным Государственного племенного регистра Российской Федерации, в стране по состоянию на 23.06.2020. насчитывается 438 пород, 138 типов, 153 кросса, 164 линии домашних животных, включающих 48 видов живых организмов (млекопитающие, птицы, рыбы и насекомые). В сумме это составляет 893 структурных элемента, каждый из которых представляет собой уникальную популяцию². Наибольшее количество пород внутри вида зарегистрировано у собак – 57, далее следуют породы кур – 54, овец – 47, лошадей – 45, крупного рогатого скота – 41.

Для получения сельскохозяйственной продукции используется около 40 видов животных во всем мире. Для домашних животных (животные-компаньоны) это число колеблется от 20 до 50 видов [1].

В процессе адаптации животных к различным экологическим, хозяйственно полезным условиям и при воздействии человеческой деятельности внутри вида появляются популяции животных с определенными признаками, отличающими их от исходного вида. По экстерьерным, интерьерным параметрам и продуктивным показателям они группируются в отдельные породы. При направленном создании породы селекционеры из всего генома отбирали животных, имеющих необходимые для селекции качества, определяющие стандарт породы³. Отбор и подбор животных по породной принадлежности традиционно проводился на основе родословной информации и по фенотипическим признакам [2].

Однако современное состояние генетики и селекции в животноводстве показывает, что фенотипические характеристики не всегда дают полную информацию о принадлежности животных к той или иной породе. Особенно это

касается тех случаев, когда при обработке пищевых продуктов морфологические признаки удаляются и визуальная идентификация становится трудной или вообще невозможной задачей для эксперта [3]. При проведении лабораторных исследований возможность определить породный состав партии образцов, отобранных в одной популяции, может быть полезна для исключения ошибок в процессе взятия образцов или диагностики [4].

Цель обзора. На основании данных литературных источников проанализировать методы, применяемые для определения породной принадлежности животных, дать оценку текущему состоянию изучаемой проблемы и новым подходам, предлагаемым для ее решения.

Материал и методы. Материалами для аналитического обзора послужили научные труды российских и зарубежных ученых в области молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, учебные пособия и методические издания. Поиск научных источников осуществлялся в библиографических базах, научных электронных библиотеках и поисковых системах: Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), Кибер-Ленинка (<https://cyberleninka.ru/>), академия Google (<https://scholar.google.ru/>), Национальный центр биотехнологической информации (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Анализируемый научный материал для написания статьи рассматривался на английском, русском и украинском языках. Поиск информации осуществлялся с использованием следующих ключевых слов: видовая и породная идентификация животных, методы определения породной принадлежности с помощью молекулярных маркеров ДНК, высокопроизводительные методы генотипирования, основанные на SNP. При анализе литературных источников предпочтение отдавалось материалам, опубликованным в рецензируемых изданиях. Для изучения принятые публикации, изданные за последние 10 лет, а более ранние материалы рассматривались только при отсутствии информации по интересуемому аспекту исследуемой темы.

¹Новицкий И. Какие потребности удовлетворяются благодаря животноводству. Сельхозпортал, животноводство. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://xn-80ajgpcpbhkds4a4g.xn--pl1ai/articles/kakie-potrebnosti-udovletvoryayutsya-b-2/> (дата обращения: 10.02.2021).

²Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 2. Породы животных. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 229 с.

³Бажов Г. Племенное свиноводство: учеб. пособие для вузов. М., 2019. 349 с.

Основная часть. Обсуждение методов определения видовой идентификации животных. Когда определение породной принадлежности традиционными методами затруднено, возникает необходимость в более точных способах с использованием идентификации по структуре ДНК. Технологии, разработанные на основе определения молекулярных маркеров ДНК, которые представляют врожденные характеристики отдельных особей или породы, обеспечивают более точную информацию при идентификации животных, независимо от состояния морфологических признаков. Благодаря уникальным и немодифицируемым характеристикам, некоторые виды ДНК-маркеров являются мощным дополнением к системе маркировки видов и пород животных [5, 6].

Однако в определении породной принадлежности с помощью исследования ДНК существуют серьезные трудности. При этом осуществление видовой идентификации на сегодняшний день с помощью молекулярно-генетических маркеров не представляет особых проблем. В силу достаточно долгого периода формирования вида, что способствует накоплению мутаций в отдельных генах, их можно использовать как определенные «штрихкоды» для оценки межвидовых различий, даже независимо от фенотипических признаков. Для идентификации видовой принадлежности животных было предложено несколько способов, основанных, главным образом, на анализе белка и ДНК [7].

Свою высокую эффективность для выявления видового состава мяса в продуктах переработки животного происхождения показали электрофоретические, хроматографические и спектроскопические методы. Самым же быстрым, высокочувствительным и специфичным инструментом для обнаружения видового состава животных является использование аналитических методов на основе оценки полиморфизма отдельных локусов ДНК [8].

Часто используемые молекулярные маркеры (AFLP – полиморфизм длин амплифицированных фрагментов ДНК; RAPD – случайно амплифицируемая полиморфная ДНК; RFLP – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) успешно применяются при дифференцировании близкородственных видов в промышленности при анализе пищевых продуктов и судебной экспертизе для выявления фальсификата [9].

Такой вид исследований, как изучение ДНК-маркеров, может быть использован для определения видовой принадлежности сель-

скохозяйственных животных по образцам биоматериала. Наиболее точным методом определения видовой принадлежности животных на сегодняшний день является анализ структуры митохондриальной ДНК (мтДНК). Митохондриальные гены эволюционируют с большей скоростью, чем гены, кодирующие ядерные белки и, таким образом, содержат большее разнообразие отличающихся последовательностей, что существенно облегчает идентификацию филогенетически родственных видов [10].

Митохондриальные геномы большинства животных, за редким исключением, содержат около 37 генов: 2 – для рРНК, 13 – для белков и 22 – для синтеза тРНК. Этого более чем достаточно для выраженных отличий, даже между близкородственными видами [11]. Маркеры митохондриальной ДНК, расположенные в генах, кодирующих цитохром b (Сут b), цитохром С оксидазу (COI), АТФ-синтазу 6 (ATP6), 12-ю субъединицу рибосомной РНК 16S и петлю смещения региона (D-петля) успешно используются для «штрихкодирования» (barcoding) диких видов [12].

Среди молекулярных маркеров мтДНК наиболее часто используемым является ген субъединицы COI. Он имеет ряд преимуществ, таких как короткий размер нуклеотидной последовательности, широкий диапазон вариаций, готовые к использованию универсальные видоспецифические коды, долговечность существования в неизмененном виде и так далее. Это точный, быстрый и недорогой подход к идентификации видов, уже широко используемый систематиками, генетиками и эволюционными биологами во всем мире [13].

Методы, основанные на мтДНК, представили мощные инструменты для изучения подлинности многих групп млекопитающих, птиц, бабочек, рыб, мух и т.д. [14]. Митохондриальная ДНК разрешила таксономические споры о происхождении отдельных видов животных, особенно очень близких по фенотипу. Вариация мтДНК также полезна для установления взаимоотношений между домашними видами и их дикими родственниками для выявления ареала распространения и отслеживания происхождения популяций. Анализ древней мтДНК вносит свой вклад в реконструкцию историй миграции популяций скота [15].

Последовательность мтДНК применялась для идентификации диких животных, распространенных в разных условиях обитания, таких как черный козел, обезьяна, лисица, газель. Исследователями дикой природы

использовано секвенирование мтДНК для пополнения базы данных митохондриальных генов дикой популяции яков, носорогов, диких свиней, леопардов, двугорбых верблюдов и многих других видов. С помощью маркера митохондриального гена цитохром-С-оксидазы I группой ученых были таксономически разделены разные виды диких кошек: леопардовый кот, кот джунглей и рыбная азиатская кошка [16, 17, 18, 19].

Скорость мутаций, происходящих в митохондриальной ДНК, в несколько раз выше, чем в ядерной. Это приводит к быстрому внутривидовому накоплению мутаций, однако для их появления в породе времени все равно недостаточно. В большинстве своем, мы имеем дело со сравнительно слабыми различиями в последовательности мтДНК между породами, но достаточно сильными – межвидовыми, что позволяет проводить видовой баркодинг [20]. Сохраненные и накопленные мутации генома митохондрий отражают эволюционную историю и генетическую структуру вида, но имеют ограниченное применение для определения породности [21]. В то же время, первостепенное значение в разведении и селекции животных имеет понимание истинного породного состава используемых в хозяйстве особей.

Анализ методов, применяемых для определения породной принадлежности животных. Знание породного состава той или иной популяции необходимо в различных ситуациях. Так, в Российский реестр пород включают животных с определенными биологическими особенностями и продуктивными качествами, соответствующими стандарту данной породы [22]. Подтверждение породного состава племенных животных, которые уже зарегистрированы в Госреестре, необходимо племенным организациям для проверки или идентификации регистрируемого животного во время покупки, чтобы проверить подлинность сопроводительных документов [23]. Знание породной структуры желательно и для кроссбредных групп при оценке гетерозиготности популяции, к которой принадлежит животное. На основе этого принимаются управленческие решения для реализации программ межпородного скрещивания. Помимо этого, существуют и финансовые стимулы для сохранения в чистоте некоторых редких пород из-за высокой рыночной цены на производимую ими продукцию (молоко, мясо,

шерсть). Достоверная информация о породной принадлежности таких животных важна для уверенности потребителя в подлинности продукта. Кроме того, точная оценка структуры породы отдельных групп животных имеет значимость для включения в качестве корректирующего фактора при оценке межпородных генетических расстояний [24, 25].

Очень часто из-за отсутствия племенных записей в животноводческих хозяйствах породный состав большого количества животных остается неизвестным. При этом в стадах создается ситуация, когда в воспроизводственный процесс случайно вовлекаются особи, не имеющие селекционной ценности и не отвечающие стандартам породы, что может нанести значительный экономический ущерб. При отсутствии родословной информации, альтернативой определения породной чистоты животного по фенотипу так же, как и при оценке видовой принадлежности, выступают молекулярные маркеры ДНК. Однако маркеры, применяемые для видовой идентификации, не могут быть использованы при определении породной принадлежности⁴.

В первых исследованиях для оценки генетического различия между породами применяли маркеры, основанные на группах крови и белковых полиморфизмах, которые считаются маркерами I-го поколения [26]. В результате этих работ был выявлен полиморфизм эритроцитарных антигенных факторов, сывороточных белков и ферментов крови [27], с помощью которых успешно проанализированы эволюционные взаимоотношения у млекопитающих [28]. Была изучена генетическая связь между породами овец и коз, разными видами оленей, генотипами кур нескольких кроссов [29, 30], дана характеристика генетического сходства между некоторыми породами скота [31], оценены взаимоотношения между популяциями рыб [32]. Однако методы сравнения распространенности групп крови и белковых полиморфизмов не могут дать точный ответ, к какой породе принадлежит обследуемое животное. В настоящее время с помощью антигенных факторов крови подтверждается достоверность записей о происхождении племенных животных, подбираются родительские пары для получения потомства с желательными признаками, определяется генетическое сходство или различие внутри популяций [33].

⁴Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Кузьмина Т. Н., Тихомиров А. И., Гуськова С. В., Свиарев И. Ю., Бекенев В. А., Колесов Ю. А., Фролова В. И., Большакова И. В. Передовые практики в отечественном племенном животноводстве: науч. аналит. обзор. М., 2018. 72 с.

По мере совершенствования генетических методов исследования для идентификации пород предлагали использовать ряд молекулярных маркеров, основанных на изучении строения цепи ДНК. Предлагалось применять RAPD-маркеры для выделения породных групп белорусского карпа [34]. Аллель-специфическая полимеразная цепная реакция (AS-PCR) рекомендовалась для этих целей у кур [35], полиморфизм длины амплифицированных фрагментов (AFLP) пробовали применять для крупного рогатого скота.

Особого внимания заслуживают методы, основанные на изучении микросателлитного состава генотипа животных. Микросателлиты (SSRs, простые повторы нуклеотидных последовательностей) используются для выявления генетического разнообразия среди различных пород скота и внутри них, поскольку они многочисленны, распределены по геному случайным образом, достаточно легки в изучении, высоко полиморфны и демонстрируют кодоминантное наследование [36]. Маркеры SSRs широко применяются для тестирования достоверности происхождения различных видов домашних животных, включая крупный рогатый скот, овец и коз, свиней, лошадей и ослов, кур и уток, кроликов, а также собак [37, 38, 39].

Перечисленные иммуногенетические и ДНК-маркеры по-прежнему применяются для идентификации породной принадлежности животных, однако, как отмечает ряд исследователей, существуют некоторые недостатки при использовании их в качестве генетических маркеров [40, 41]. Полиморфизм рассмотренных выше маркеров позволяет понять процессы происхождения и эволюции пород, но их высокая внутрипородная и межпородная вариабельность не может дать однозначный ответ, к какой конкретно породе относится животное. Это связано, в первую очередь, с принадлежностью пород к одному виду и малой генетической дистанцией между ними.

Преимущества использования SNP-микрочипов для идентификации породной принадлежности животных. Последние достижения в области высокопроизводительных технологий генотипирования привели к тому, что перспективным в популяционных исследованиях и генетическом картировании, а также при идентификации особей и пород стало применение ДНК-маркеров, основанных на полиморфизме единичных нуклеотидов (SNP), которые достаточно плотно распределены по всему геному [42]. Анализ полиморфизмов

единичных нуклеотидов успешно применяется при изучении происхождения и породной дифференциации крупного рогатого скота [43], свиней [44], овец [45], лошадей [46] и оленей [47].

Использование ДНК-бючипов позволило одновременно определять у каждой особи более миллиона SNP. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) обнаруженных SNP с признаками породной принадлежности позволяет выявить аллельные варианты замен, встречающиеся у исследуемой породы и отсутствующие (или имеющие ничтожно малую частоту) у всех остальных. На основании такого исследования можно выявить совокупность (паттерн) из нескольких SNP, обнаружение которых с большой вероятностью укажет, к какой породе принадлежит то или иное животное, даже при отсутствии данных о его родословной [48].

Технология ДНК-микрочипов на сегодняшний день является наиболее подходящим методом в изучении идентификации породы. R.A. Gibbs et al. [49] предложили небольшие группы SNP, являющиеся, по их мнению, наиболее информативными для успешного определения 19 мировых пород крупного рогатого скота. Y. Suekawa et al. [50] разработали маркерную панель SNP для дифференциации между японской и американской популяциями крупного рогатого скота. S. Wilkinson et al. [51] также показали, что панель из 60 SNP-маркеров является минимумом, необходимым для успешной идентификации исследуемых пород крупного рогатого скота. Однако для четкого разделения близкородственных пород потребуется больше генетических маркеров – свыше 200. Исходя из результатов исследований, S. Wilkinson et al. [51] представили доказательства того, что количество SNP, требуемое для правильного отнесения особи к породе, прямо пропорционально генетической гетерогенности или однородности отобранной популяции. H. S. Cheong et al. [52] использовали 90 локусов SNP для породной дифференциации 1602 особей крупного рогатого скота аборигенной корейской породы и других пород, точность исследования составляла почти 100 %. Т. А. Cooper et al. [53] в Соединенных Штатах проводили геномную оценку айрширского скота и выделили группу уникальных SNP для породы, которая может быть использована при породной идентификации биологических образцов. Н. А. Zinovieva et al. [54] дифференцировали 5 российских пород

крупного рогатого скота с использованием биочипов Bovine SNP50K BeadChip.

K. A. Saravanan et al. [55] установили специфичные аллели для 10 аборигенных индийских пород крупного рогатого скота разных агроклиматических зон. При этом авторы представили тщательное исследование популяционной генетической структуры современных пород крупного рогатого скота.

Внедрение современных высокопроизводительных методов ДНК-типовирования с использованием SNPs-микрочипов в практическую селекцию позволяет надежно идентифицировать как отдельные особи, так и породы сельскохозяйственных животных [56]. Проведение целенаправленного отбора и подбора с учетом SNPs-маркеров будет способствовать накоплению в популяции определенного набора генов, специфичного для каждой отдельной породы⁵.

Технология породной дифференцировки на основе определения аллелей SNP успешно применялась при исследованиях у мелкого рогатого скота. J. W. Kijas et al. [57] при изучении геномов овец определили аллели, специфичные для рогатых и безрогих пород. Т. Е. Деникова и др. [58] при проведении генотипирования четырех аборигенных российских пород овец (романовской, забайкальской тонкорунной, полугрубошерстной бурятской овцы Буубей и тувинской короткожирнохвостой) с использованием Ovine SNP50k BeadChip получили результаты, позволяющие идентифицировать происхождение указанных пород. Mateus et al. [59] с помощью выявления однонуклеотидных полиморфизмов успешно идентифицировали 21 популяцию овец из пяти различных географических областей. Dimauro et al. [60], используя две отдельные панели SNP, генотипировали различные породы овец из Италии и Словении, которые затем были дифференцированы по породной принадлежности. Как правило, панели из 15-30 маркеров обеспечивают достоверные показатели внутрипородного разнообразия и используются для сравнения пород с помощью кластерных подходов, анализа основных координат или филогенетических реконструкций [61].

Q. Wu et al. [62] использовали семь полиморфных SNP для проверки происхождения ягнят в разных регионах Китая. Их результаты показали, что вероятность одного и того же генотипа у двух случайных особей ничтожно мала (0,185 %). Используя BeadChip

Ovine-SNP50k средней плотности, S. Michailidou et al. [63] оценили генетическое разнообразие трех распространенных греческих пород овец (Хиос, Карагунико и Буцко) и идентифицировали SNP-маркеры для панели, которая может быть применена при определении породы. Т. Е. Deniskova et al. [64] с помощью ДНК-чипа генотипировали 25 российских пород овец, что позволило провести их разделение на три кластера по типу шерсти. Авторы также выявили главный фактор, характерный кластеру с грубой шерстью, это тип хвоста, по которому короткохвостая романовская порода четко дифференцировалась от других жирнохвостых пород овец.

Появление в 2014 году BeadChip Goat SNP50 изменило глубину геномных исследований у шести пород коз [65]. Это оказалось возможным благодаря надежности микрочипа, автоматическому определению аллелей и высокой разрешающей способности для исследования генома козы. Этот SNP-чип использовался для изучения генетического разнообразия и структуры местных пород коз в различных странах, таких как Италия, Испания, Южная Африка, Эфиопия и Австралия [66].

S. Michailidou et al. [67] с помощью BeadChip Goat SNP50 дали характеристику генетического разнообразия и популяционной структуры греческих пород коз с использованием ~60 тыс. SNP. Результаты их исследования показали, что две коренные породы коз демонстрируют высокий уровень генетического разнообразия, который может быть использован для дальнейшей селекции при разработке и реализации схем скрещивания.

Z. Wang et al. [68], H. Jeong et al. [69] исследовали полные геномы свиней разных пород и выявили следы отбора, характеризующие каждую породу в отдельности. M. Muñoz et al. [70] оценили геномное разнообразие 20 европейских пород свиней и небольшой выборки диких свиней в Испании на основе чипов высокой плотности SNP. Всего было проанализировано 992 образца ДНК с помощью чипа для генотипирования свиней Genomic Profiler (GGP) 70 K HD Porcine Chip. Результаты подчеркнули генетическую близость между некоторыми из этих одомашненных пород и их дикими предками, а также четкие породные особенности некоторых других.

⁵Селионова М. И., Чижова Л. Н., Михайленко А. К. и др. Система комплексной оценки генетического потенциала племенных животных: методические рекомендации. Ставрополь, 2015. 50 с.

C. Pertoldi et al. [71] в своих исследованиях представили результаты генетической характеристики 5 датских пород собак, генотипированных на микрочипе CanineHD BeadChip с 170 000 SNP. Авторы выявили четкую генетическую дифференциацию между изучаемыми породами собак и генетическую однородность внутри пород. A. Tkaczyk et al. [72] предложили решение для идентификации породы собак, а именно применение специфичных для породы паттернов SNP. Анализ выявил наличие уже известных SNPs в различных конфигурациях в зависимости от породы. Были выявлены два SNP-паттерна, специфичных для собак породы доберман и немецкая овчарка. Они были обнаружены у большинства собак этих пород (у 94 % доберманов и 73 % немецких овчарок). Определение породоспецифичных паттернов SNP вместе с оценкой вероятности их присутствия в данной породе может использоваться для точной идентификации породной принадлежности.

Эти исследования показали, что генетическая структура каждой отдельной породы характеризуется набором уникальных аллельных комбинаций, выявление которых позволит создать информативную базу данных определенных SNP, способную объективно идентифицировать породную принадлежность животных.

Заключение. Анализ литературных данных позволяет отметить, что современные методы молекулярной генетики весьма результативны при индивидуальной идентификации и дифференциации пород, контроле качества продуктов животноводства и продуктов питания, создании генетических паспортов пород, линий, выдающихся семейств и т. п.

В настоящее время все большее применение при определении породной принадлежности сельскохозяйственных животных находят ДНК-маркеры, использование которых совместно с «традиционным» зоотехническим

учетом будет способствовать получению более достоверной информации о породном происхождении.

Технология генотипирования животных уже зарекомендовала себя как точный достоверный метод и продолжает набирать популярность по мере усовершенствования генетических исследований. Различные молекулярные маркеры применялись и ранее для идентификации пород среди различных видов сельскохозяйственных животных. К ним относятся группы крови и белковый полиморфизм, AFLP – полиморфизм длин амплифицированных фрагментов ДНК, RAPD – случайно амплифицируемая полиморфная ДНК, RFLP – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов, SSRs – микросателлиты. Но развитие современных высокопроизводительных технологий генотипирования привело к созданию микрочипов, позволяющих одновременно идентифицировать миллионы ДНК-маркеров, таких как однонуклеотидные полиморфизмы (SNP).

Перспективы применения технологии микрочипов для практической селекции, несмотря на высокую стоимость, достаточно велики. Исследования зарубежных и отечественных ученых, основанные на данных с ДНК-чипов для различных видов и пород животных, свидетельствуют о том, что их использование позволяет идентифицировать не только породные группы, но и отдельные особи.

Вместе с тем имеется еще целый ряд нерешенных задач, связанных с внедрением молекулярно-генетических методов породной идентификации. В первую очередь, это ущербление применяемых технологий. Тогда будет возможно их массовое использование при генетической паспортизации поголовья и организации четкого генетического учета на государственном уровне.

References

1. Larson G., Piperno D. R., Allaby R. G., Purugganan M. D., Andersson L., Arroyo-Kalin M. et al. Current perspectives and the future of domestication studies. *Animal Domestication: A Brief Overview*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2014;111(17):6139-6146.
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1323964111>
2. Bovo S., Ribani A., Muñoz M., Alves E., Araujo J. P., Bozzi R. et al. Whole-genome sequencing of European autochthonous and commercial pig breeds allows the detection of signatures of selection for adaptation of genetic resources to different breeding and production systems. *Genetics Selection Evolution*. 2020;52(1):1-19.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-020-00553-7>
3. Muñoz-Colmenero M., Blanco O., Arias V., Martinez J. L., Garcia-Vazquez E. DNA authentication of fish products reveals mislabeling associated with seafood processing. *Fisheries*. 2016;41(3):128-138.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1132706>

4. Naam A., Hanner R. Seafood Authenticity and Traceability: A DNA-based Perspective. Academic Press. 2016. 198 p.
5. Lo Y. T., Shaw P. C. DNA-based techniques for authentication of processed food and food supplements. *Food Chem.* 2018;240:767-774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.022>
6. Xing R. R., Hu R. R., Han J. X., Deng T. T., Chen Y. DNA barcoding and mini-barcoding in authenticating processed animal-derived food: A case study involving the Chinese market. *Food chemistry.* 2020;309:125653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125653>
7. Palumbo F., Scariolo F., Vannozzi A., Barcaccia G. NGS-based barcoding with mini-COI gene target is useful for pet food market surveys aimed at mislabelling detection. *Scientific reports.* 2020;10:17767. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74918-9>
8. Matthes N., Pietsch K., Rullmann A., Näumann G., Pöpping B., Szabo K. The Barcoding Table of Animal Species (BaTAnS): a new tool to select appropriate methods for animal species identification using DNA barcoding. *Molecular Biology Reports.* 2020;47:6457-6461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05675-1>
9. Zia Q., Alawami M., Mokhtar N. F. K., Nhari R. M. H. R. Hanish I. Current analytical methods for porcine identification in meat and meat products. *Food chemistry.* 2020;324:126664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126664>
10. Girish P. S., Anjaneyulu A. S. R., Viswas K. N., Shivakumar B. M., Anand M., Patel M., Sharma B. Meat species identification by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) of mitochondrial 12S rRNA gene. *Meat science.* 2005;70(1):107-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.004>
11. Torres T. E., Castillo V. P., Calderón A. B. Molecular identification of Diptera of forensic importance with the gene (COI Barcode), La Paz Bolivia. *Medicina Legal de Costa Rica.* 2020;37(2):93-101.
12. Yang C., Lv Q., Zhang A. Sixteen Years of DNA Barcoding in China: What Has Been Done? What Can Be Done? *Frontiers in Ecology and Evolution.* 2020;8:57. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00057>
13. Mitra I., Roy S., Haque I. Application of molecular markers in wildlife DNA forensic investigations. *Journal Forensic Science Medicine.* 2018;(4):156-160.
14. Abbas G., Nadeem A., Javed M., Ali M. M., Aqeel M., Babar M. E. et al. Mitochondrial cytochrome-b, cytochrome-c and D-loop region based phylogenetic and diversity analysis in blackbuck (Antilope cervicapra). *Kafkas University Vet Fak Derg.* 2020;26(1):25-31. DOI: <https://doi.org/10.9775/kvfd.2019.22108>
15. Zhang Y., Wu Q., Yang L., Chen X., Wang C., Zhang Y. et al. Characterization of the complete mitochondrial genome sequence of golden wild yak and revealed its phylogenetic relationship with 9 yak subspecies. *Mitochondrial DNA Part B.* 2019;4(1):660-661. DOI: <https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1568215>
16. Green M. E., Appleyard S. A., White W., Tracey S., Devloo-Delva F., Ovenden J. R. Novel multimarker comparisons address the genetic population structure of silvertip sharks (*Carcharhinus albimarginatus*). *Marine and Freshwater Research.* 2019;70(7):1007-1019. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF18296>
17. Pratt E. A., Beheregaray L. B., Bilgmann K., Zanardo N., Diaz-Aguirre F., Möller L. M. Hierarchical metapopulation structure in a highly mobile marine predator: the southern Australian coastal bottlenose dolphin (*Tursiops cf. australis*). *Conservation Genetics.* 2018;19:637-654. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-017-1043-6>
18. Detwiler K. M. Mitochondrial DNA analyses of *Cercopithecus* monkeys reveal a localised hybrid origin for *C. Mitis* doggetti in Gombe National Park, Tanzania. *International Journal of Primatology.* 2019;40:28-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10764-018-0029-7>
19. Singh G., Sriniva Y., Kuma G. C., Sing A., Sharm C. P., Gupt S. K. Identification of selected wild felids using hair morphology and forensically informative nucleotide sequencing (FINS): Wildlife forensics prospective. *Legal Medicine.* 2020;44:101692. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2020.101692>
20. Монахова М. А., Горячева И. И., Кривцов Н.И. Генетическая паспортизация *Apis mellifera*. Проблемы и методы. *Пчеловодство.* 2009;(4):12-13.
- Monakhova M. A., Goryacheva I. I., Krivtsov N. I. *Geneticheskaya pasportizatsiya Apis mellifera. Problemy i metody.* [Genetic certification of *Apis mellifera*. Problems and methods]. *Pchelovodstvo.* 2009;(4):12-13. (In Russ.).
21. Knaus B. J., Cronn R., Liston A., Pilgrim K., Schwartz M. K. Mitochondrial genome sequences illuminate maternal lineages of conservation concern in a rare carnivore. *BMC ecology.* 2011;11:10. URL: <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/11/10>
22. Лебедев И. Г., Пименов Н. В., Ломков М. А. Порода как биотехнология. *Кролиководство и звероводство.* 2020;(3):40-44. DOI: <https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10306>
- Lebedev I. G., Pimenov N. V., Lomkov M. A. *Poroda kak biotekhnologiya.* [Breed as biotechnology]. *Krolikovodstvo i zverovodstvo.* 2020;(3):40-44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10306>
23. Улимбашев М. Б., Кулинцев В. В., Селионова М. И., Улимбашева Р. А., Абилов Б. Т., Алагирова Ж. Т. Рациональное использование генофонда ценных пород животных с целью сохранения биологического разнообразия. Юг России: экология, развитие. 2018;13(2):165-183. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-2-165-183>
- Ulimbashev M. B., Kulintsev V. V., Selionova M. I., Ulimbasheva R. A., Abilov B. T., Alagirova Zh. T. *Ratsional'noe ispol'zovanie genofonda tsennyykh porod zhivotnykh s tsel'yu sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya.* [Rational management of the gene pool of valuable breeds of animals for the purpose of conservation of biological diversity]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* = South of Russia: ecology, development. 2018;13(2):165-183. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-2-165-183>

24. Akanno E. C., Chen L., Abo-Ismail M. K., Crowley J. J., Wang Z., Li C. et al. Genomic prediction of breed composition and heterosis effects in Angus, Charolais, and Hereford crosses using 50K genotypes. *Canadian J Anim Sci.* 2017;97(3):431-438. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0124>
25. Szemethy D., Mihalik B., Frank K., Nagy T., Újváry D., Kusza S. et al. Development of Wild Boar Species-Specific DNA Markers for a Potential Quality Control and Traceability Method in Meat Products. *Food Analytical Methods.* 2021;14:18-27. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01840-1>
26. Столповский Ю. А. Популяционно-генетические основы сохранения генофондов доместицированных видов животных. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2013;17(4-2):900-915. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21170051>
- Stolpovskiy Yu. A. *Populyatsionno-geneticheskie osnovy sokhraneniya genofondov domestitsirovannykh vidov zhivotnykh.* [Population-genetic bases of conservation of gene pools of domesticated animal species]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013;17(4-2): 900-915. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21170051>
27. Ольховская Л. В., Дегтярев Д. Ю., Криворучко С. В. Сравнительный анализ фенотипического состава полиморфных белковых и ферментных систем крови овец разного направления продуктивности. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2014;(2):44-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21249329>
- Ol'khovskaya L. V., Degtyarev D. Yu., Krivoruchko S. V. *Sravnitel'nyy analiz fenotipicheskogo sostava polimorfnykh belkovykh i fermentnykh sistem krovi ovets raznogo napravleniya produktivnosti.* [Comparative analysis of phenotypic polymorphic protein and enzyme systems of the sheep blood of different productivity directions]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2014;(2):44-46. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21249329>
28. Diyaware M. Y., Ahmed A. B., Akinyemi A. A., Suleiman S. B. Haemoglobin polymorphism in wild and cultured African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). *Ife Journal of Science.* 2017;19(2):293-301. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijjs.v19i2.9>
29. Паскевич Г. А., Ковальський Ю. В., Сахацький Н. І. Генетическа структура крессов яичних кур і их хозяйственно-полезные качества. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького.* 2016;(65)1-3. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25996832>
- Paskevich G. A., Koval's'kiy Yu. V., Sakhats'kiy N. I. *Geneticheskaya struktura krossov yaichnykh kur i ikh khozyaystvenno-poleznye kachestva.* [The genetic structure of egg chicken crosses and their economic benefits]. *Naukoviy visnik L'viv's'kogo natsional'nogo universitetu veterinarnoi meditsini ta biotekhnologiy imeni S. Z. Izhits'kogo.* 2016;(65)1-3. (In Ukraine). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25996832>
30. Flueck W. T., Smith-Flueck J. A. M. Blood proteins of red deer introduced to Patagonia: genetic origins and variability. *Animal Production Science.* 2011;51(4):359-364.
31. Дубовская М.П., Колпаков В. И., Ворожейкин А. М., Киц Е. А. Формирование генеалогической структуры герефордов по гено- и фенотипическим признакам. *Животноводство и кормопроизводство.* 2017;(2(98)):30-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29408330>
- Dubovskova M. P., Kolpakov V. I., Vorozheykin A. M., Kits E. A. *Formirovanie genealogicheskoy struktury gerefordov po geno- i fenotipicheskim priznakam.* [Formation of the genealogy structure of Hereford by genotypes and phenotypic characters]. *Zhivotnovodstvo i kormoprovodstvo* = Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;(2(98)):30-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29408330>
32. Мариуца А. Э. Исследование генетической структуры карпов при использовании генетико-биохимических систем. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2018;(21-1):123-127. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35199515>
- Mariutsa A. E. *Issledovanie geneticheskoy struktury karpov pri ispol'zovanii genetiko-biokhimicheskikh sistem.* [Study of the genetic structure of carp using genetic and biochemical systems]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva.* 2018;(21-1):123-127. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35199515>
33. Гонтов М. Е., Кольцов Д. Н. Молочная продуктивность и гетегенность в ЕАВ, ЕАФ локусах бурого швейцарского скота. *Аграрный научный журнал.* 2020;(6):53-58. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i6pp53-58>
- Gontov M. E., Kol'tsov D. N. *Molochnaya produktivnost' i getegennost' v EAB, EAF lokusakh burogo shvitskogo skota.* [Milk productivity and heterogeneity in EAB, EAF loci of brown swiss cattle]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2020;(6):53-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i6pp53-58>
34. Дромашко С., Конева О. Генетическая паспортизация пород белорусского карпа. *Наука и инновации.* 2010;(11(93)):36-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28434351>
- Dromashko S., Koneva O. *Geneticheskaya pasportizatsiya porod beloruskogo karpa.* [Genetic certification of carp breeds of the belarusian]. *Nauka i innovatsii* = The Science and Innovations. 2010;(11(93)):36-40. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28434351>
35. Кулибаба Р. А., Ляшенко Ю. В., Юрко П. С. Генетическая дифференциация пород кур украинской селекции с использованием различных типов молекулярно-генетических маркеров. *Сельскохозяйственная биология.* 2018;53(2):282-292. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.282rus>
- Kulibaba R. A., Lyashenko Yu. V., Yurko P. S. *Geneticheskaya differentsiatsiya porod kur ukrainskoy selektsii s ispol'zovaniem razlichnykh tipov molekulyarno-geneticheskikh markerov.* [Genetic differentiation of ukrainian chicken breeds using various types of molecular genetic markers]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural biology. 2018;53(2):282-292. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.282rus>

36. Demir E., Balcioğlu M. S. Genetic diversity and population structure of four cattle breeds raised in Turkey using microsatellite markers. *Czech Journal of Animal Science*. 2019;64(10):411-419. DOI: <https://doi.org/10.17221/62/2019-CJAS>
37. Волкова В. В., Романенкова О. С., Костюнина О. В., Зиновьева Н. А. Характеристика аллелофонда региональных популяций холмогорской породы крупного рогатого скота с использованием STR-маркеров. Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции: мат-лы VIII научн.-практ. конф. с международ. участием. Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019. С. 210-211.
- Volkova V. V., Romanenkova O. S., Kostyunina O. V., Zinov'eva N. A. *Kharakteristika allelofonda regional'nykh populyatsiy kholmogorskoy porody krupnogo rogatogo skota s ispol'zovaniem STR-markerov*. [Characteristics of the allele fund of regional populations of the Kholmogorsky breed of cattle using STR-markers]. *Genetika – fundamental'naya osnova innovatsiy v meditsine i selektsii: mat-ly VIII nauchn.-prakt. Konf. s mezhdunarod. uchastiem*. [Genetics is the fundamental basis of innovations in medicine and breeding: Proceedings of the VIIIth scientific and practical Conf. with the International participation]. Rostov-na-Donu, Taganrog, 2019. pp. 210-211.
38. Харзинова В. Р., Зиновьева Н. А. Анализ генетического разнообразия пород свиней с использованием микросателлитных маркеров. Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии: сб. тез. докладов 20-й Всерос. конф. молодых учёных, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева. М., 2020. С. 139-141.
- Kharzinova V. R., Zinov'eva N. A. *Analiz geneticheskogo raznoobraziya porod sviney s ispol'zovaniem mikrosatelлитnykh markerov*. [Analysis of genetic diversity of pig breeds using microsatellite markers]. *Biotehnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i sel'skokhozyaystvennoy mikrobiologii: cb. tez. dokladov 20-y Vseros. konf. molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati akademika RASKhN Georgiya Sergeevicha Muromtseva*. [Biotechnology in Crop Production, Animal Husbandry and Agricultural Microbiology: collection of reports of the 20th All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences Georgy Muromtsev]. Moscow, 2020. pp. 139-141.
39. Karsli B. A., Demir E., Fidan H. G., Karsli T. Assessment of genetic diversity and differentiation among four indigenous Turkish sheep breeds using microsatellites. *Archives Animal Breeding*. 2020;63(1):165-172. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-63-165-2020>
40. Денискова Т. Е., Сермягин А. А., Багиров В. А., Охлопков И. М., Гладырь Е. А., Иванов Р. В., Зиновьева Н. А. Сравнительное исследование информативности STR и SNP маркеров для внутривидовой и межвидовой дифференциации рода Ovis. *Генетика*. 2016;52(1):90-96. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016675816010021>
- Deniskova T. E., Sermyagin A. A., Bagirov V. A., Okhlopkov I. M., Gladyr' E. A., Ivanov R. V., Zinov'eva N. A. *Sravnitel'noe issledovanie informativnosti STR i SNP markerov dlya vnutrividovoy i mezvidovoy differentsiatsii roda Ovis*. [Comparative analysis of the effectiveness of STR and SNP markers for intraspecific and interspecific differentiation of the genus Ovis]. *Genetika = Russian Journal of Genetics*. 2016;52(1):90-96.
- DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016675816010021>
41. Зиновьева Н. А., Сермягин А. А., Доцев А. В., Боронецкая О. И., Петрикеева Л. В., Абдельманова А. С. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор. *Сельскохозяйственная биология*. 2019;54(4):631-641. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.631rus>
- Zinov'eva N. A., Sermyagin A. A., Dotsev A. V., Boronetskaya O. I., Petrikeeva L. V., Abdel'manova A.S. *Geneticheskie resursy zhivotnykh: razvitiye issledovanii allelofonda rossiyskikh porod krupnogo rogatogo skota-miniobзор*. [Animal genetic resources: developing the research of allele pool of russian cattle breeds – minireview]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural biology*. 2019;54(4):631-641. (IN Russ.).
- DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.631rus>
42. Rujirawat T., Sridapan T., Lohnoo T., Yingyong W., Kumsang Y., Sae-Chew P., Krajaejun T. Single nucleotide polymorphism-based multiplex PCR for identification and genotyping of the oomycete *Pythium insidiosum* from humans, animals and the environment. *Infection, Genetics and Evolution*. 2017;54:429-436.
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2017.08.004>
43. Panetto J. C. D. C., Machado M. A., da Silva M. V. G., Barbosa R. S., dos Santos G. G., de MH Leite R., Peixoto M. G. C. Parentage assignment using SNP markers, inbreeding and population size for the Brazilian Red Sindhi cattle. *Livestock Science*. 2017;204:33-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.008>
44. Diao S., Huang S., Xu Z., Ye S., Yuan X., Chen Z., Li J. Genetic diversity of indigenous pigs from South China area revealed by SNP array. *Animals*. 2019;9(6):361. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9060361>
45. Brito L. F., McEwan J. C., Miller S.P., Pickering N. K., Bain W. E., Dodds K. G., Clarke S.M. Genetic diversity of a New Zealand multi-breed sheep population and composite breeds' history revealed by a high-density SNP chip. *BMC genetics*. 2017;18(1):25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12863-017-0492-8>
46. Tozaki T., Kikuchi M., Kakoi H., Hirota K., Nagata S., Yamashita D., Petersen J. L. Genetic diversity and relationships among native Japanese horse breeds, the Japanese Thoroughbred and horses outside of Japan using genome-wide SNP data. *Animal genetics*. 2019;50(5):449-459. DOI: <https://doi.org/10.1111/age.12819>
47. Kharzinova V.R., Dotsev A.V., Solovieva A., Wimmers K., Reyer H., Brem G., & Zinovieva N.A. PSVIII-23 High-density SNP marker based genetic diversity and population structure study of reindeer populations. *Journal of Animal Science*. 2019;97(3):265-266. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.540>
48. Bansal V, Libiger O. Fast individual ancestry inference from DNA sequence data leveraging allele frequencies for multiple populations. *BMC Bioinformatics*. 2015;16:4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-014-0418-7>

49. Gibbs R. A., Taylor J. F., Van Tassell C. P., Barendse W., Eversole K. A. et al. Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds. *Science*. 2009;324(5926):528-532. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1167936>
50. Suekawa Y., Aihara H., Araki M., Hosokawa D., MannenH., Sasazaki S. Development of breed identification markers based on a bovine 50K SNP array. *Meat science*. 2010;85(2):285-288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.015>
51. Wilkinson S., Wiener P., Archibald A. L., Law A., Schnabel R. D., McKay S. D., Ogden R. Evaluation of approaches for identifying population informative markers from high density SNP chips. *BMC genetics*. 2011;12(1):45.
52. Cheong H. S., Kim L. H., Namgoong S., Shin H. D. Development of discrimination SNP markers for Hanwoo (Korean native cattle). *Meat science*. 2013;94(3):355-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.014>
53. Cooper T. A., Wiggans G. R., Null D. J., Hutchison J. L., Cole J. B. Genomic evaluation, breed identification, and discovery of a haplotype affecting fertility for Ayrshire dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2014;97(6):3878-3882. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7427>
54. Зиновьев Н. А., Доцев А. В., Сермягин А. А., Виммерс К., Рейер Х., Солкнер Й., Деникова Т. Е., Брем Г. Изучение генетического разнообразия и популяционной структуры российских пород крупного рогатого скота с импльзованием полногеномного анализа SNP. *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(6):788-800. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.788rus>
- Zinovieva N. A., Dotsev A. V., Sermyagin A. A., Vimmers K., Rejer H., Solkner J., Brem G. *Izuchenie geneticheskogo raznoobraziya i populyatsionnoy struktury rossiyskikh porod krupnogo rogatogo skota s impol'zovaniem polnogenomnogo analiza SNP*. [Study of genetic diversity and population structure of Russian cattle breeds using whole-genome SNP analysis]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural biology. 2016;51(6):788-800. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.788rus>
55. Saravanan K. A., Panigrahi M., Kumar H., Parida S., Bhushan B., Gaur G. K. et al. Genome-wide assessment of genetic diversity, linkage disequilibrium and haplotype block structure in Tharparkar cattle breed of India. *Animal Biotechnology*. 2020;1-15.
56. Gärke C., Ytournel F., Bed'hom B., Gut I., Lathrop M., Weigend S., Simianer H. Comparison of SNPs and microsatellites for assessing the genetic structure of chicken populations. *Animal Genetics*. 2012;43(4):419-428. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02284.x>
57. Kijas J. W., Lenstra J. A., Hayes B., Boitard S., Porto Neto L. R., San Cristobal M. et al. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biol*. 2012;10(2): e1001258. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
58. Деникова Т. Е., Доцев А. В., Гладырь Е. А., Сермягин А. А., Багиров В. А., Хомподоева У. В., Ильин А. Н., Брем Г., Зиновьев Н. А. Валидация панели SNP-маркеров для контроля происхождения локальных российских пород овец. *Сельскохозяйственная биология*. 2015;50(6):746-755. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.746rus>
- Deniskova T. E., Dotsev A. V., Gladyr' E. A., Sermyagin A. A., Bagirov V. A., Khompodoeva U. V., Il'in A. N., Brem G., Zinov'eva N. A. *Validatsiya paneli SNP-markerov dlya kontrolya proiskhozhdeniya lokal'nykh rossiyskikh porod ovet*. [Validation of the SNP panel for parentage assignment in local Russian sheep breeds]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2015;50(6):746-755. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.746rus>
59. Mateus J. C, Russo-Almeida P. A. Traceability of 9 Portuguese cattle breeds with PDO products in the market using microsatellites. *Food Control*. 2015;47:487-492. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.038>
60. Dimauro C., Nicoloso L., Cellesi M., Macciotta N. P. P., Ciani E., Moioli B., Crepaldi P. Selection of discriminant SNP markers for breed and geographic assignment of Italian sheep. *Small Ruminant Research*. 2015;128:27-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.05.001>
61. Groeneveld L. F., Lenstra J. A., Eding H., Toro M. A., Scherf B., Pilling D., Negrini R., Finlay E. K., Jianlin H., Groeneveld E., Weigend S. The GLOBALDIV Consortium Genetic diversity in farm animals—a review. *Animal Genetics*. 2010;41(s1):6-31. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02038.x>
62. Wu Q., Zhou G., Yang S., Abulikemu B. T., Luo R., Zhang Y., Li X., Xu X., Li C. SNP genotyping in sheep from northwest and east China for meat traceability. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*. 2017;12(2):125-130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00003-017-1092-2>
63. Michailidou S., Tsangaris G., Fthenakis G. C., Tzora A., Skoufos I., Karkabounas S. C., Arsenos G. Genomic diversity and population structure of three autochthonous Greek sheep breeds assessed with genome-wide DNA arrays. *Molecular Genetics and Genomics*. 2018;293(3):753-768. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00438-018-1421-x>
64. Deniskova T. E., Dotsev A. V., Selionova M. I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Zinovieva N. A. Population structure and genetic diversity of 25 Russian sheep breeds based on whole-genome genotyping. *Genetics Selection Evolution*. 2018;50(1):1-16.
65. Ajmone-Marsan P., Colli L., Han J. L., Achilli A., Lancioni H., Joost S. et al. The characterization of goat genetic diversity: Towards a genomic approach. *Small Ruminant Research*. 2014;121(1):58-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.06.010>
66. Tosser-Klopp G., Bardou P., Bouchez O., Cabau C., Crooijmans R., Dong Y. et al. Design and characterization of a 52K SNP chip for goats. *PloS one*. 2014;9(1):e86227. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086227>
67. Michailidou S., Tsangaris G. T., Tzora A., Skoufos I., Banos G., Argiriou A., Arsenos G. Analysis of genome-wide DNA arrays reveals the genomic population structure and diversity in autochthonous Greek goat breeds. *PloS one*. 2019;14(12):e0226179. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226179>

68. Wang Z., Chen Q., Yang Y., Yang H., He P., Zhang Z., Pan Y. A genome-wide scan for selection signatures in Yorkshire and Landrace pigs based on sequencing data. *Animal genetics*. 2014;45(6):808-816. DOI: <https://doi.org/10.1111/age.12229>
69. Jeong H., Song K. D., Seo M., Caetano-Anollés K., Kim Ja., Kwak W. et al. Exploring evidence of positive selection reveals genetic basis of meat quality traits in Berkshire pigs through whole genome sequencing. *BMC Genet*. 2015;(16):104. DOI: <https://sci-hub.do/10.1186/s12863-015-0265-1>
70. Muñoz M., Bozzi R., García-Casco J., Núñez Y., Ribani A., Franci O. et al. Genomic diversity, linkage disequilibrium and selection signatures in European local pig breeds assessed with a high density SNP chip. *Scientific reports*. 2019;9(1):13546. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49830-6>
71. Pertoldi C., Kristensen T. N., Loescheke V., Berg P., Praebel A., Stronen A. V., Fredholm M., Proschowsky H. F., Fredholm M. Characterization of the genetic profile of five Danish dog breeds. *Journal of animal science*. 2013;91(11):5122-5127. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6617>
72. Tkaczyk A., Kowal K., Slaska B. Mitochondrial D-loop informative SNPs in identification of dog's breed. *Medycyna Weterynaryjna*. 2020;76(6):341-344. DOI: <https://doi.org/10.21521/mw.6394>

Сведения об авторах

Криворучко Александр Юрьевич, доктор биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

✉ **Скокова Антонина Владимировна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>, e-mail: antoninaskokova@mail.ru

Яцык Олеся Андреевна, кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2730-2482>

Каниболоцкая Анастасия Александровна, кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ул. Никонова, 49, г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация, 356241,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

Information about the authors

Alexander Y. Krivoruchko, DSc in Biology, chief researcher, the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North- Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Nikonov str., 49, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

✉ **Antonina V. Skokova**, PhD in Biology, senior researcher, the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North- Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Nikonov str., 49, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>, e-mail: antoninaskokova@mail.ru

Olesya A. Yatsyk, PhD in Biology, researcher, the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North-Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Nikonov str., 49, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2730-2482>

Anastasia A. Kanibolotskaya, PhD in Biology, researcher, the Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North- Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Nikonov str., 49, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.329-339>



УДК 635.21:631.527

Результаты экологического испытания раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля в Республике Коми

© 2021. А. Г. Тулинов[✉], А. Ю. Лобанов

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Российская Федерация

Поиск и внедрение в производство новых сортов картофеля, которые могут быть рекомендованы для возделывания в почвенно-климатических условиях Республики Коми особенно актуально на фоне средней урожайности по региону, которая составляет 12,1 т/га, что на 6,7 т/га ниже, чем в среднем по России. В 2019-2020 гг. на базе Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН испытывали сорта картофеля раннеспелой группы – Армада, Метеор, Гулливер, Тайфун и Крепыш (стандарт) и среднеспелой группы – Варяг, Вымпел, Краса Мещеры, Кумач, Фрителла, Вычегодский и Зырянец (стандарт). Из раннеспелой группы выделились сорта Армада и Гулливер, дающие стабильно высокий урожай, превысивший стандарт в среднем за два года на 6,8-7,1 т/га. Среди среднеспелых сортов по показателю урожайности ни один достоверно не превысил стандартный сорт Зырянец. Самая высокая урожайность и товарность отмечена у сорта Фрителла – 30,5 т/га и 97 %. Все рассматриваемые нами сорта, за исключением Вычегодского, показали среднюю устойчивость ботвы к поражению фитофторозом. Умеренное повреждение ботвы альтернариозом (до 20 % поверхности листьев) отмечено у трех сортов – Метеор, Тайфун и Вычегодский. Высокую устойчивость к парше обыкновенной показали сорта Вымпел (отсутствие поражения), Зырянец (единичные поражения) и Гулливер (до 10 % поверхности клубней). На всех изучаемых нами сортах клубни картофеля не были поражены фитофторозом в оба года исследований. Для возделывания картофеля сельхозтоваропроизводителям Республики Коми рекомендуются сорта Армада (29,7 т/га), Гулливер (28,1 т/га), Вымпел (29,2 т/га), Фрителла (30,5 т/га), обладающие хорошей устойчивостью к фитопатогенам и высоким качеством клубней.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, урожайность, фитопатогены, структура урожая, биохимический состав клубней, товарность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания № 0333-2019-0008, Рег. № НИОКТР АААА-А19-119031390055-1 и Государственного задания № 0412-2019-0051, Рег. № НИОКТР АААА-А20-120022790009-4.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тулинов А. Г., Лобанов А. Ю. Результаты экологического испытания раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля в Республике Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):329-339. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.329-339>

Поступила: 22.03.2021 Принята к публикации: 18.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The results of ecological testing of early and mid-season potato varieties in the Komi Republic

© 2021. Aleksei G. Tulinov[✉], Aleksander Yu. Lobanov

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

Search and introduction of new potato varieties that can be recommended for cultivation in soil and climatic conditions of the Komi Republic are especially important against the background of the average yield in the region of 12.1 t/ha, that is 6.7 t/ha lower than the average in Russia. In 2019-2020 on the basis of the A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology of the Federal Research Center of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, there were tested potato varieties of the early maturing group – Armada, Meteor, Gulliver, Taifun and Krepish (standard) and the mid-season group – Varyag, Vypmel, Krasa Meshchery, Kumach, Fritella, Vychegodskii and Zyryanets (standard). From the early maturing group, the varieties Armada and Gulliver have been selected as giving a consistently high yield, which exceeded the standard by 6.8-7.1 t/ha on average for two years. Among mid-season varieties no one reliably exceeded the standard variety Zyryanets in terms of yield productivity. The highest yield and marketability was noted for the Fritella variety – 30.5 t/ha and 97 %. All the varieties under study, except for Vychegodskii, showed an average resistance of the tops to late blight damage. Moderate early blight damage of the tops (up to 20 % of the leaf surface) was noted in three varieties – Meteor,

Taifun and *Vychegodski*. The following varieties showed high resistance to common scab - *Vympel* (no damage), *Zyryanets* (few lesions) and *Gulliver* (up to 10 % of tuber surface damage). In all studied varieties the potato tubers were not affected by late blight during both years of research. For cultivation, the agricultural producers of the Komi Republic should use the varieties *Armada* (29.7 t/ha), *Gulliver* (28.1 t/ha), *Vympel* (29.2 t/ha), *Fritella* (30.5 t/ha), which have good resistance to phytopathogens and high quality of tubers.

Keywords: *Solanum tuberosum*, productivity, phytopathogens, yield structure, biochemical composition of tubers, marketability

Acknowledgement: the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment № 0333-2019-0008, Reg. № SREDTW AAAA-A19-119031390055-1 and the State assignment № 0412-2019-0051, Reg. № SREDTW AAAA-A20-120022790009-4.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Tulinov A. G., Lobanov A. Yu. The results of ecological testing of early and mid-season potato varieties in the Komi Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):329-339. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.329-339>

Received: 22.03.2021

Accepted for publication: 18.05.2021

Published online: 23.06.2021

В Республике Коми есть ряд особенностей, выделяющих ее на фоне прочих субъектов I (Северного) региона возделывания картофеля: расположение в высоких широтах Среднерусской равнины, удаленность от океана обуславливает умеренно-континентальный климат, резко контрастирующий с климатом остальной части Европы. Летний период характеризуется относительно низкими температурами (до +15 °C в июле) и количеством осадков, значительно превышающим испарение. Осадки в летний период выпадают неравномерно, периоды избыточного увлажнения чередуются с продолжительными засухами, что отрицательно сказывается на росте и развитии картофеля [1]. Более половины площади республики занимают подзолистые и глеево-подзолистые, кислые и сильноискусственные почвы. Еще 15 % – среднекислые подзолистые почвы, расположенные в пойменных участках. Почвам присуще низкое содержание гумуса и элементов питания, слабая биологическая активность и продуктивность [2]. Таким образом, в почвенно-климатических условиях Республики Коми необходимо тщательно подходить к подбору сортов для хозяйственного использования.

За последние десять лет количество отечественных сортов в значительной степени снизилось, на их место пришли зарубежные сорта, обладающие высокой урожайностью, однако их технология возделывания предусматривает многократные обработки химикатами, что негативно отражается на себестоимости картофеля [3, 4, 5]. Немаловажен и

экологический аспект такого производства [6]. Экологическое испытание с передачей перспективных сортов картофеля для изучения их продуктивности и устойчивости к болезням в другие регионы, системно развернутое в советские годы, на данный момент носит спонтанный характер. Зачастую это связано с желанием отдельных производителей семян продвинуть свой товар на новые рынки сбыта. Однако именно этот тип испытаний позволяет раскрыть генетический потенциал сортов картофеля в зависимости от почвенно-климатических условий выращивания, влияющих на продуктивность и качество урожая [7, 8, 9].

Экологическое испытание сортов особенно актуально для Республики Коми. Урожайность картофеля в регионе находится на уровне 12,1 т/га, что на 6,7 т/га ниже, чем в среднем по России¹. На фоне таких областей, как Брянская (32,3 т/га), Тульская (26,7 т/га) и Нижегородская (24,4 т/га) проблема урожайности в республике ставится особенно остро. В 2019 году Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по просьбе местных сельхозтоваропроизводителей приступил к экологическому испытанию 12 перспективных сортов картофеля. Не все из них были районированы для I (Северной) зоны РФ возделывания картофеля [10], а некоторые находились еще на испытании в ФГБУ «Госсорткомиссия» [11, 12, 13].

Цель исследований – подбор перспективных сортов картофеля для возделывания в почвенно-климатических условиях Республики Коми.

¹Россия в цифрах 2020: Краткий статистический сборник. М.: Росстат, 2020. 550 с.
URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/GOyirKPV/Rus_2020.pdf

Материал и методы. Исследования проводили в 2019-2020 гг. на опытном поле Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (кадастровый номер – 11:05:0104001:115; координаты – 61.661897, 50.762800). Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием в среднем гумуса – 3,3 %, рН_{сол.} – 6,3, Р₂О₅ – 824,3 мг/кг, К₂О – 263,1 мг/кг почвы. Опыт заложен в шестипольном севообороте.

Изучали пять сортов раннеспелой группы – Армада, Гулливер, Метеор, Тайфун и Крепыш (стандарт), семь сортов среднеспелой группы – Варяг, Вымпел, Краса Мещеры, Кумач, Фрителла, Вычегодский и Зырянец (стандарт). Патентообладателями сортов Армада, Варяг, Вымпел, Гулливер, Краса Мещеры, Крепыш, Кумач, Метеор и Фрителла является ВНИИКХ им. А. Г. Лорха совместно с ООО «Агроцентр «Коренево», оригиналор сорта Тайфун – Plant Breeding and Acclimatization Institute (Польша), сорта Зырянец и Вычегодский – совместная разработка ВНИИКХ им. А. Г. Лорха и Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН [14, 15, 16].

Семена сортов картофеля получены от сельхозтоваропроизводителей в рамках научного творческого сотрудничества [17]. Сорта Крепыш и Зырянец используются в качестве стандартов, так как являются районированными для I (Северной) зоны возделывания, к которой относится Республика Коми и имеют соответствующую группу спелости². Переданный семенной материал соответствовал требованиям ГОСТ Р 33996-2016 (класс – элита, урожай 2018 г.), что подтверждено филиалом ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Коми (г. Сыктывкар).

Наличие фитопатогенов на семенном материале картофеля определяли с использованием методики оценки ДНК/РНК возбудителей

заболеваний картофеля: ДНК возбудителей – вирус скручивания листьев, А вирус картофеля, М вирус картофеля, рак картофеля, кольцевая гниль картофеля (*Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus*), бурая бактериальная гниль (*Ralstonia solanacearum*); РНК – S вирус картофеля, X вирус картофеля, Y вирус картофеля. Для определения наличия в растительном образце нуклеиновых кислот исследуемых фитопатогенов использовали комплекты реагентов для ПЦР-амплификации ДНК различных возбудителей заболеваний ООО «Агро Диагностика»³.

Полевой опыт заложен в начале июня после завершения возвратных весенних заморозков. Оценку образцов в полевых условиях (фенологические, биометрические и контрольные копки) проводили в фазу «появление всходов» на 60-й и 80-й день после посадки, фитопатологические (*Phytophthora, Alternaria*, и т. д.) наблюдения – на 8-10-й день после проявления первых признаков заболевания на растениях. Данные исследования проводили согласно методическим рекомендациям ВИР им. Н. И. Вавилова⁴ и ВНИИКХ им. А. Г. Лорха⁵. Площадь учетной делянки – 50 м², повторность – четырехкратная, схема посадки (0,7x0,3 м) и технология возделывания общепринятая для сельскохозяйственных предприятий Республики Коми [18]. Удобрения не вносили.

Определение биохимических показателей качества клубней картофеля: содержание сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), крахмала (ГОСТ 26176-91), витамина С (ГОСТ 24556-89) проведено в ФГБУ САС «Сыктывкарская» и аналитической лаборатории института.

Математическая и статистическая обработка данных урожая выполнена методом дисперсионного анализа⁶ с помощью программного пакета Microsoft Office Excel 2010 и пакета анализа данных на персональном компьютере.

²Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 680 с.

URL: http://www.chelagro.ru/farming_industry/plant-growing/2020_gosreestr_selekc_dostizh.pdf

³Агро Диагностика. Инструкции по применению наборов реагентов для ПЦР диагностики фитопатогенов. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrodiagnostica.ru/docsandinstructions/instructions> (дата обращения: 25.02.2021).

⁴Кириу С. Д., Костина Л. И., Трускинов Э. В., Зотеева Н. М., Рогозина Е. В., Королева Л. В., Фомина В. Е., Палеха С. В., Косарева О. С., Кирилов Д. А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. СПб.: ГНУ ГНЦ ВИР РФ, 2010. 28 с.

⁵Методические положения по проведению оценки сортов и гибридов картофеля на испытательных участках. М.: Изд-во ВНИИКХ, 2017. 11 с.

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

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия в 2019-2020 гг. резко контрастировали по отношению друг к другу. Июнь был прохладным, средняя температура составила 13,5-13,6 °С, что на 1,2-1,3 °С ниже нормы. В 2019 году выпало 94 мм осадков, что на 28 % выше нормы, в 2020 г. – 41 мм, половина от месячной нормы. Июль 2019 года был прохладным, среднемесячная температура составила 15,4 °С, что на 2,1 °С ниже нормы, в июле 2020 г. отмечен новый температурный рекорд за историю метеонаблюдений – 34,5 °С (выше на 2,5 °С). В 2019 г. на фоне прохладной погоды выпало 134 мм осадков, что на 81 % превышало норму, в 2020 г. их количество составило 58 мм, что на 22 % ниже средней климатической нормы (74 мм). В августе 2019 года среднемесячная температура составила 11,4 °С, что на 2,3 °С ниже климатической нормы, ночные заморозки отмечены 29 августа: температура опустилась до -0,6 °С, количество осадков на 49 % превысило норму и составило 111 мм. В августе 2020 года среднемесячная температура составила 13,8 °С, что на 0,1 °С выше нормы, а количество осадков –

70 мм, что на 5 мм ниже средних многолетних наблюдений. В целом оба года исследований можно охарактеризовать как неблагоприятные для выращивания картофеля.

Фенологические наблюдения за растениями показали, что погодные условия в целом не оказали значительного влияния на всходы. В среднем за два года все раннеспелые сорта всходили на 14-16-й день после посадки, а среднеспелые на 18-22-й. Бутонизация у всех рассматриваемых нами сортов наступила на 35-40-й день после посадки, цветение на 48-50-й, однако в условиях сухого жаркого июля 2020 года у картофеля цветы не завязывались и отсутствовало дальнейшее ягодообразование, в 2019 году у всех сортов ягоды были сформированы к 60-му дню после посадки. В целом по итогам фенологических учетов можно отметить, что рассматриваемые нами сорта в почвенно-климатических условиях Республики Коми соответствуют своей группе спелости.

Результаты биометрических исследований, проведенные на 60-й день после посадки, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биометрические данные сортов картофеля в питомнике экологического испытания (2019-2020 гг.) /
Table 1 – Biometric data of potato varieties in the ecological test nursery (2019-2020)

Сорт / Variety	Количество стеблей, шт. / Number of stems, pcs.		Высота растений, м / Plant height, m		Масса ботвы, кг / Haulm mass, kg	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
<i>Раннеспелые / Early maturing</i>						
Крепыш, ст. / Krepыш, st.	4,6±0,4	3,8±0,5	0,48±0,02	0,43±0,02	0,44±0,02	0,32±0,05
Армада / Armada	5,8±0,6	3,7±0,5	0,48±0,02	0,43±0,02	0,45±0,02	0,23±0,04
Метеор / Meteor	2,6±0,2	2,6±0,2	0,46±0,02	0,45±0,02	0,24±0,02	0,15±0,02
Гулливер / Gulliver	4,6±0,4	4,2±0,4	0,47±0,02	0,39±0,02	0,39±0,03	0,19±0,02
Тайфун / Taifun	5,0±0,5	3,3±0,4	0,34±0,01	0,43±0,02	0,28±0,03	0,16±0,01
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,30	1,10	0,12	0,05	0,14	0,07
<i>Среднеспелые / Mid-season</i>						
Зырянец, ст. / Zyryanets, st.	4,6±0,4	2,9±0,2	0,46±0,02	0,46±0,01	0,34±0,02	0,25±0,02
Краса Мещеры / Krasa Meshchery	4,0±0,3	4,0±0,3	0,46±0,02	0,45±0,02	0,36±0,02	0,23±0,03
Варяг / Varyag	4,4±0,4	2,5±0,3	0,48±0,02	0,46±0,08	0,35±0,03	0,24±0,05
Вымпел / Vympel	5,0±0,6	5,2±0,6	0,51±0,02	0,45±0,01	0,37±0,03	0,20±0,01
Кумач / Kumach	5,2±0,6	3,3±0,4	0,48±0,02	0,58±0,02	0,51±0,03	0,20±0,04
Фрителла / Fritella	3,6±0,4	3,4±0,4	0,49±0,02	0,56±0,01	0,46±0,02	0,26±0,03
Вычегодский / Vychegodskii	4,4±0,4	5,7±0,5	0,52±0,01	0,49±0,02	0,41±0,03	0,23±0,02
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,90	1,20	0,10	0,04	0,17	0,09

Раннеспелые сорта Армада, Крепыш (ст.) и Тайфун на фоне жаркого и засушливого лета 2020 года закладывали в среднем меньше стеблей – 3,3-3,7 штук против 4,6-5,8 штук в 2019 году, при этом масса ботвы была в два раза меньше по сравнению с первым годом наблюдений. Высота растений у сортов Армада и Крепыш уменьшилась на 0,05 м, а у сорта Тайфун побеги значительно вытянулись (+0,08 м). Сорта Метеор и Гулливер в оба года наблюдений заложили одинаковое количество побегов – 2,6 и 4,6 штук соответственно, у сорта Метеор высота растений изменилась незначительно, у Гулливера она стала меньше на 0,08 м, что обуславливает значительное снижение массы ботвы одного куста на 0,2 кг в 2020 году. Сорт Метеор в оба года исследований характеризовался малым числом побегов и небольшой массой ботвы, а сорт Тайфун при числе побегов в среднем от 3 до 5 штук и их высоте от 0,34 до 0,43 м давал массу побегов на уровне сорта Метеор.

Три сорта среднеспелой группы продемонстрировали прямую зависимость между

количеством выпадаемых осадков и формированием ботвы – Зырянец (ст.), Варяг, Кумач. При резком снижении количества осадков и повышении уровня температуры воздуха данные сорта почти в два раза снижали количество закладываемых стеблей и массу ботвы, при этом высота растений практически не менялась. Сорт Краса Мещеры, Вымпел, Фрителла и Вычегодский продемонстрировали стабильность в количестве закладываемых стеблей и их высоте, однако при наступлении засухи масса ботвы также уменьшалась почти в два раза.

Климатические условия оказали значительное влияние на структуру урожая на 60-й и 80-й день после посадки (рис. 1), что, в свою очередь, определило урожайность и товарность клубней сортов картофеля (табл. 2). На фоне низкого количества осадков и высоких среднесуточных температур в июле 2020 года большинство сортов заложило в полтора-два раза меньше клубней, чем на фоне пониженных температур и большого количества осадков в 2019 году.

Таблица 2 – Урожайность и товарность клубней сортов картофеля в питомнике экологического испытания (2019-2020 гг.) /

Table 2 – Productivity and marketability of tubers of potato varieties in the ecological test nursery (2019-2020)

Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha				Среднее, m/га / Average, t/ha	Товарность, % / Marketability, %		
	на 60-й день / on the 60th day		на 80-й день / on the 80th day			2019 г.	2020 г.	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.				
<i>Раннеспелые / Early maturing</i>								
Крепыш, ст. / Krepish, st.	21,5±1,8	18,7±1,6	20,1±1,9	24,5±2,4	22,3	90	91	
Армада / Armada	21,3±2,5	23,1±3,5	29,2±3,1	29,6±3,2	29,4	87	95	
Метеор / Meteor	20,2±2,2	18,2±2,8	25,9±2,1	21,7±1,1	23,8	93	93	
Гулливер / Gulliver	23,7±2,7	22,5±3,7	26,2±1,7	30,0±2,7	28,1	94	92	
Тайфун / Taifun	13,4±0,4	8,9±1,0	16,6±0,6	14,8±0,4	15,7	81	93	
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	8,5	7,1	7,8	6,4	-	-	-	
<i>Среднеспелые / Mid-season</i>								
Зырянец, ст. / Zyryanets, st.	21,4±2,3	19,3±3,1	26,5±1,8	26,4±1,9	26,5	86	87	
Краса Мещеры / Krasa Meshchery	19,0±2,2	18,1±2,4	23,3±1,1	24,2±1,4	23,8	77	91	
Варяг / Varyag	14,6±3,4	15,7±3,2	20,3±0,6	21,4±0,6	20,9	91	96	
Вымпел / Vympel	22,4±1,4	22,1±1,8	27,4±1,7	30,9±1,1	29,2	91	84	
Кумач / Kumach	19,1±1,1	8,6±2,1	27,8±1,7	22,9±2,7	25,4	78	89	
Фрителла / Fritella	19,4±1,7	16,4±0,7	29,0±2,1	31,9±3,1	30,5	81	97	
Вычегодский / Vychegodskii	18,9±0,7	12,6±1,7	23,4±2,2	23,4±2,0	23,4	69	76	
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	7,4	7,2	7,2	6,1	-	-	-	

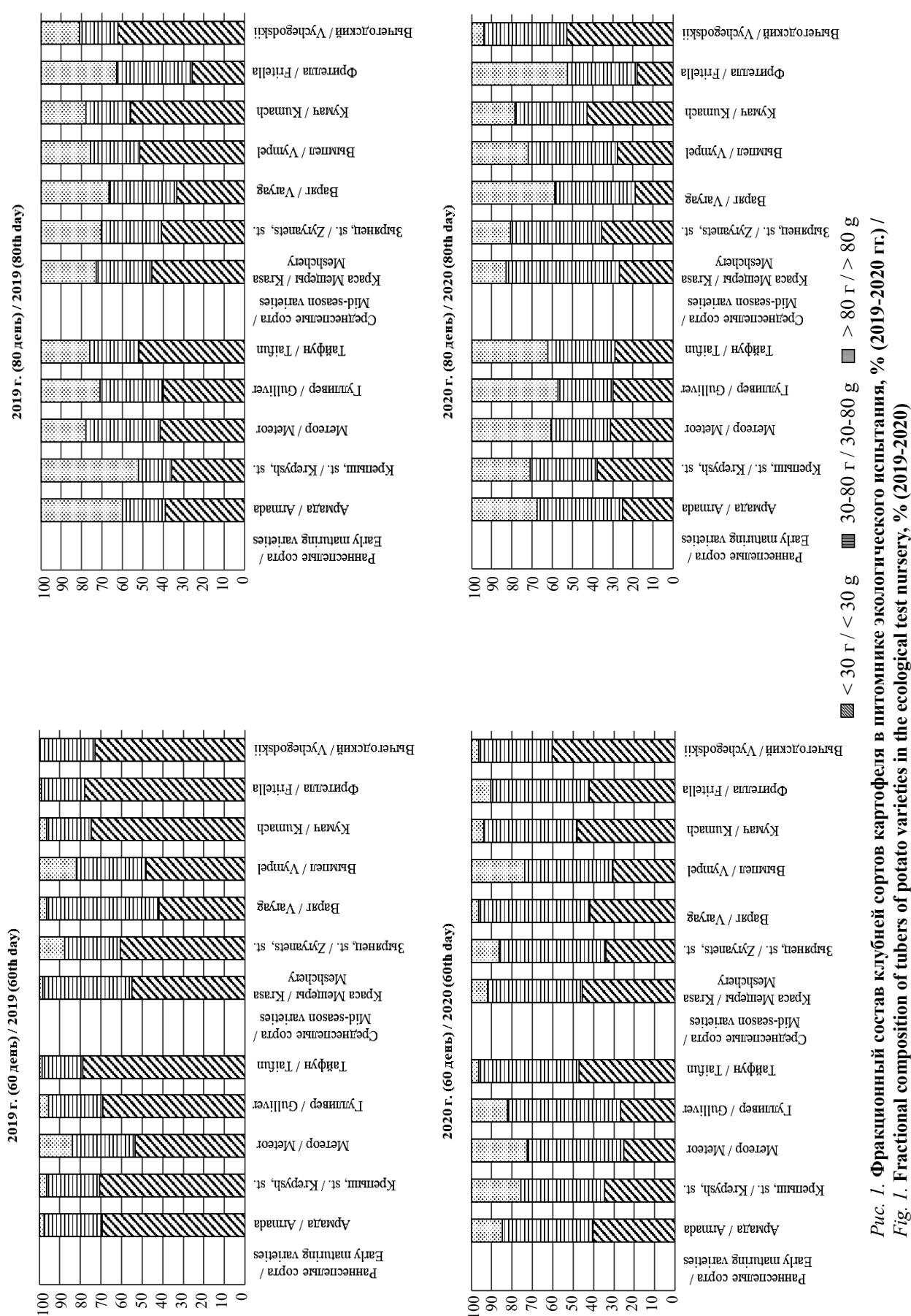


Рис. 1. Фракционный состав клубней сортов картофеля в питомнике экологического испытания, % (2019-2020)

Fig. 1. Fractional composition of potato varieties in the ecological test nursery, % (2019-2020)

Стоит отметить, что урожайность в целом осталась на том же уровне, однако значительно изменилась товарность, которая выросла практически по всем сортам. Это объясняется тем, что при закладке большого количества клубней на фоне недостаточного содержания питательных элементов и гумуса в почвах республики, растения не обеспечиваются должным уровнем питания, и клубни так и остаются нетоварными. Оптимальным для Республики Коми является формирование 6-10 штук средних и крупных клубней, что продемонстрировал стандарт Зырянец [19]. Данный сорт, несмотря на погодные условия, формировал 8-10 штук товарных клубней, что обуславливает его высокую и стабильную урожайность выше 26 т/га. Урожайность сорта Варяг ниже стандарта Зырянец на 6,2 т/га по результатам 2020 года, Метеор на фоне засухи значительно снизил свою урожайность, которая с 25,9 т/га в 2019 году, что выше стандарта Крепыш на 5,8 т/га, упала до 21,7 т/га в 2020 г.

Сорт Вымпел, напротив, в 2020 году сформировал к 60-му дню 20 клубней, что на 10 штук больше, чем в 2019 году. За счет большого количества клубней, в том числе средней фракции, данный сорт показал высокую урожайность 27,4-30,9 т/га, но стандарт не превысил. При этом увеличение числа клубней привело к снижению товарности с 91 до 84 %, что свидетельствует о нехватке тепла и элементов питания для нормального формирования клубней и раскрытия потенциала данного сорта в условиях Республики Коми [20].

Из раннеспелой группы выделились сорта Армада и Гулливер, дающие стабильно высокий урожай, превысивший контроль в среднем за два года на 6,8-7,1 т/га. В почвенно-климатических условиях Республики Коми все сорта раннеспелой группы доходят до товарной спелости только к 80-му дню.

Среди среднеспелых сортов по показателю «урожайность» ни один достоверно не превысил стандартный сорт Зырянец. Самая высокая урожайность и товарность отмечена у сорта Фрителла – 30,5 т/га и 97 %.

Фитопатологические наблюдения в питомнике экологического испытания проводили в полевых и лабораторных условиях⁷.

Семенной материал перед посадкой был проверен в ПЦР лаборатории на ДНК возбудителей вирусов скручивания листьев, вирусы картофеля X, Y, A, M, рак картофеля, кольцевую гниль, бурую бактериальную гниль и РНК возбудителя S вируса. Анализ показал безвирусовую природу полученного семенного материала. В процессе полевого исследования при наличии подозрения на возникновение данных фитопатогенов производили дополнительный отбор проб и лабораторные исследования, которые за два года изучения не выявили поражения данными болезнями изучаемых сортов картофеля в питомнике экологического испытания.

В полевом опыте наблюдение проводили за следующими фитопатогенами: фитофтороз, альтернариоз и парша обыкновенная. Погодные условия 2019 года наиболее благоприятствовали развитию фитопатогенов на ботве растений. Все рассматриваемые нами сорта, за исключением Вычегодского, показали среднюю устойчивость ботвы к поражению фитофторозом. У сорта Вычегодский признаков данного заболевания на 80-й день исследования (уборка) не зафиксировано. Умеренное повреждение ботвы альтернариозом (до 20 % поверхности листьев) отмечено у трех сортов – Метеор, Тайфун и Вычегодский. В условиях высоких температур и недостатка влаги 2020 года фитофтороза и альтернариоза на растениях не обнаружено, однако при данных погодных условиях клубни растений поражались паршой обыкновенной, что не было зафиксировано в 2019 году. Высокую устойчивость к парше обыкновенной показали сорта Вымпел (полное ее отсутствие), Зырянец (единичные поражения) и Гулливер (до 10 % поверхности клубней)⁸. У всех изучаемых нами сортах картофеля клубни не были поражены фитофторозом в оба года исследований.

Биохимический анализ клубней картофеля представлен в таблице 3. В раннеспелой группе по содержанию крахмала и сухого вещества сорта Армада и Гулливер превзошли сорт-стандарт, содержание нитратов в них было на 10 мг/кг выше. В целом же биохимические показатели раннеспелой группы были ниже, чем у среднеспелой, что подтверждает возможную нехватку почвенно-климатических ресурсов Республики Коми для полного созревания данных сортов картофеля.

⁷Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. М.: Минсельхоз России; ФГБУ «Госсорткомиссия», 2019. 329 с.

⁸Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 70 с.

Таблица 3 – Биохимические показатели клубней сортов картофеля из питомника экологического испытания (в среднем за 2019-2020 гг.) /

Table 3 – Biochemical parameters of tubers of potato varieties from ecological test nursery (average for 2019-2020)

<i>Сорт / Variety</i>	<i>Сухое вещество, % / Dry matter, %</i>	<i>Крахмал, % / Starch, %</i>	<i>Витамин С, мг% / Vitamin C, mg%</i>	<i>Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg</i>
<i>Раннеспелые / Early maturing</i>				
Крепыш, ст. / Krepish, st.	17,6±0,7	10,1±1,5	18,5±4,4	54,5±1,5
Армада / Armada	18,4±0,9	10,5±0,3	16,3±4,9	64,0±39,0
Метеор / Meteor	15,9±0,1	8,8±0,1	18,9±7,5	63,5±7,5
Гулливер / Gulliver	17,9±1,8	10,4±2,0	18,9±2,2	64,5±4,5
Тайфун / Taifun	16,8±3,3	8,9±2,2	16,3±0,5	53,5±13,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	6,4	4,5	11,8	8,3
<i>Среднеспелые / Mid-season</i>				
Зырянец, ст. / Zyryanets, st.	19,2±0,7	13,4±2,4	17,6±3,5	98,0±6,0
Краса Мещеры / Krasa Meshchery	20,6±0,5	12,6±1,1	19,8±3,1	53,0±5,0
Варяг / Varyag	18,9±0,6	11,1±1,6	18,5±0,9	61,0±11,0
Вымпел / Vympel	18,3±0,2	11,0±0,6	21,1±5,3	51,0±5,0
Кумач / Kumach	18,9±3,3	10,0±1,5	18,5±6,2	62,0±6,0
Фрителла / Fritella	20,6±1,7	12,7±1,8	16,8±1,8	44,0±10,0
Вычегодский / Vychegodskii	21,5±0,6	13,4±0,4	18,5±4,4	78,5±7,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	5,4	5,3	6,3	26,2
ПДК / MPC		-		250,0

Среди среднеспелой группы лучшие результаты по содержанию сухого вещества и крахмала выявлены у сортов Краса Мещеры, Фрителла и Вычегодский, которые либо превышали контроль, либо соответствовали ему. Однако сорт-стандарт Зырянец и Вычегодский накапливали больше всех нитратов – 98 и 78 мг/кг соответственно.

Худшие показатели среди среднеспелых сортов по сухому веществу и крахмалу были у сортов Варяг, Вымпел и Кумач, однако данные сорта превышали стандарт по содержанию витамина С. Наименьшее содержание нитратов отмечено у сорта Фрителла – 44 мг/кг (ПДК – 250 мг/кг сырых клубней⁹).

Заключение. По результатам исследований 12 сортов раннеспелой и среднеспелой групп картофеля в питомнике экологического испытания в 2019-2020 гг. выявлено следующее:

- отмечено влияние погодных условий Республики Коми на структуру клубней картофеля. Пониженные температуры и значительное количество осадков стимулируют образование большого количества клубней, для роста и развития которых растениям не хватает тепла и элементов питания в почве. В дальнейшем это приводит к снижению товарности картофеля;

- предпочтительно возделывать сорта картофеля, закладывающие в среднем 8-10 клубней (Зырянец, Метеор, Варяг);

- в раннеспелой группе выделились сорта Армада и Гулливер, в среднеспелой – Вымпел и Фрителла, патентообладателями которых являются ВНИИКХ им. А. Г. Лорха совместно с ООО «АгроЦентр «Коренево». Данные сорта рекомендуются сельхозтоваропроизводителям Республики Коми для дальнейшего использования.

⁹Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Курганской области». Нитраты в плодовоовощной продукции. [Электронный ресурс].

URL: http://fbuz45.ru/press_release/102016nitrati-v-plodoovoshhnoj-produkciie (дата обращения: 25.02.2021).

В среднем за два года исследований данные сорта имели следующие показатели: Армада – урожайность 29,4 т/га, товарность 91 %, средняя полевая устойчивость к фитопатогенам, содержание сухого вещества 18,4 %, крахмала 10,4 %, витамина С 16,2 мг%; Гулливер – урожайность 28,1 т/га, товарность 93 %, высокая полевая устойчивость к парше, средняя к фитофторозу и альтернариозу, содержание сухого вещества 17,9 %, крахмала

10,3 %, витамина С 18,9 мг%; Вымпел – урожайность 29,2 т/га, товарность 87 %, не поражается паршой, средняя полевая устойчивость к фитофторозу и альтернариозу, содержание сухого вещества 18,2 %, крахмала 10,9 %, витамина С 21,1 мг%; Фрителла – 30,5 т/га, товарность 89 %, средняя полевая устойчивость к фитопатогенам, содержание сухого вещества 20,6 %, крахмала 12,6 %, витамина С 16,7 мг%.

Список литературы

1. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А., Облизов А. В., Булатова Н. В., Конкин П. И., Микушева Е. Н. Органические и минеральные удобрения как факторы повышения продуктивности агроценозов (на примере северной тайги Республики Коми): монография. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСиУ, 2019. 130 с.
2. Система земледелия Республики Коми: монография. Коллектив авторов. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСиУ, 2017. 225 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32863094>
3. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Журавлев А. А. Сортовые ресурсы картофеля для целевого выращивания. Картофель и овощи. 2017;(11):24-26. Режим доступа: <http://potatoveg.ru/arxiv>
4. Пшеченков К. А., Смирнов А. В., Мальцев С. В. Современное состояние и перспективы развития картофельного комплекса России. Защита картофеля. 2017;(1):22-29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30309435>
5. Коршунов А. В., Симаков Е. А., Лысенко Ю. Н., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Гаитов М. Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(3):12-20. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
6. Сергеева З. Ф., Синцова Н. Ф., Лыскова И. В., Лыскова Т. В. Оценка сортов картофеля по урожайности и биохимическим показателям в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(3(64)):34-38. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.34-38>
7. Bolsheshapova N. I., Burlov S. P., Boyarkin E. V., Ryabinina O. V., Abramova I. N. Promising early potato varieties for the conditions of the Baikal region. Research on Crops. 2021;22(spl):26-30. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.007>
8. Konstantinova S., Fadeev A. Evaluation of potato varieties as a source material for selection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;548(7):072001. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072001>
9. Ozturk G., Yildirim Z. New potato breeding clones for regional testing in western Turkey. Turkish Journal of Field Crops. 2020;25(2):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.831907>
10. Keutgen A. J., Wszelaczyńska E., Poberežny J., Przewodowska A., Przewodowski W., Milczarek D., Tatarowska B., Flis B., Keutgen N. Antioxidant properties of potato tubers (*Solanum tuberosum L.*) as a consequence of genetic potential and growing conditions. PLoS ONE. 2019;14(9):e0222976. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222976>
11. Шабанов А. Э., Киселев А. И., Мелешин А. А., Мелешина О. В. Агротехнологический паспорт сорта картофеля Варяг. Картофель и овощи. 2018;(9):26-28. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.9.18329>
12. Киселев А. И., Шабанов А. Э. Урожайность и качество клубней нового сорта картофеля Кумач в зависимости от комплекса агроприемов. Картофель и овощи. 2020;(4):29-32. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.75.83.005>
13. Шабанов А. Э., Киселев А. И. Новый сорт картофеля Гулливер в условиях Центральной России. Картофель и овощи. 2021;(1):30-33. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.99.87.003>
14. Тулинов А. Г. Результаты испытания перспективных сортов картофеля в условиях Республики Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(4(47)):21-28. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2015.47.4.21-28>
15. Шморгунов Г. Т., Пузанова И. Е., Тулинов А. Г. Оценка перспективных селекционных номеров и сортов картофеля в условиях Республики Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012;(4(29)):17-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17846770>
16. Тулинов А. Г., Конкин П. И. Оценка перспективных сортобразцов картофеля в условиях Республики Коми. Земледелие. 2016;(8):45-47.
17. Зайнуллин В. Г., Юдин А. А., Кущ А. А., Некрасова А. И., Малюченко О. П., Быков С. А. Исследование сортов и гибридов картофеля из селекционного питомника ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на наличие маркеров устойчивости к фитопатогенам. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(7):85-91. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41253855>

18. Система ведения сельского хозяйства Коми АССР. Система интенсивного ведения земледелия. Коллектив авторов. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1983. 148 с.
19. Тулинов А. Г., Лобанов А. Ю., Шлык М. Ю., Косолапова Т. В. Сорта картофеля, адаптированные к условиям Севера. Картофель и овощи. 2019;(8):27-28. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.20.37.003>
20. Шморгунов Г. Т., Тулинов А. Г., Конкин П. И., Коковкина С. В., Юдин А. А., Облизов А. В. Развитие агротехнологий повышения продуктивности картофелеводства в условиях Севера: монография. Сыктывкар: ФГБНУ НИИСХ Республики Коми; ГОУ ВО КРАГСиУ, 2016. 127 с.

References

1. Chebotarev N. T., Yudin A. A., Oblizov A. V., Bulatova N. V., Konkin P. I., Mikusheva E. N. *Organicheskie i mineral'nye udobreniya kak faktory povysheniya produktivnosti agrotsenozov (na primere severnoy taygi Respubliki Komi): monografiya*. [Organic and mineral fertilizers as factors for increasing the productivity of agroecosystems (a case of the northern taiga of the Komi Republic): monograph]. Syktyvkar: GOU VO KRAGSiU, 2019. 130 p.
2. *Sistema zemledeliya Respubliki Komi: monografiya*. [Farming system of the Komi Republic: monograph]. Коллектив авторов. Syktyvkar: GOU VO KRAGSiU, 2017. 225 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32863094>
3. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A. *Sortovye resursy kartofelya dlya tselevogo vyrashchivaniya*. [Varietal resources for intended potato growing]. Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables. 2017;(11):24-26. (In Russ.). URL: <http://potatoveg.ru/arxiv>
4. Pshechenkov K. A., Smirnov A. V., Mal'tsev S. V. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya kartofel'nogo kompleksa Rossii*. [Current state and prospects of the Russian potato industry development]. Zashchita kartofelya. 2017;(1):22-29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30309435>
5. Korshunov A. V., Simakov E. A., Lysenko Yu. N., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Gaitov M. Yu. *Aktual'nye problemy i prioritetnye napravleniya razvitiya kartofel'evodstva*. [Actual problems and priority directions of innovative development of potato breeding]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(3):12-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
6. Sergeeva Z. F., Sintsova N. F., Lyskova I. V., Lyskova T. V. *Otsenka sortov kartofelya po urozhaynosti i biokhimicheskim pokazatelyam v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Estimating the potato varieties by productivity and biochemical parameters under conditions of Kirov region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(3(64)):34-38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.34-38>
7. Bolsheshapova N. I., Burlov S. P., Boyarkin E. V., Ryabinina O. V., Abramova I. N. Promising early potato varieties for the conditions of the Baikal region. Research on Crops. 2021;22(spl):26-30. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.007>
8. Konstantinova S., Fadeev A. Evaluation of potato varieties as a source material for selection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;548(7):072001. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072001>
9. Ozturk G., Yildirim Z. New potato breeding clones for regional testing in western Turkey. Turkish Journal of Field Crops. 2020;25(2):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.831907>
10. Keutgen A. J., Wselaczyńska E., Pobereżny J., Przewodowska A., Przewodowski W., Milczarek D., Tatarowska B., Flis B., Keutgen N. Antioxidant properties of potato tubers (*Solanum tuberosum L.*) as a consequence of genetic potential and growing conditions. PLoS ONE. 2019;14(9):e0222976. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222976>
11. Shabanov A. E., Kiselev A. I., Meleshin A. A., Meleshina O. V. *Agrotekhnologicheskiy pasport sorta kartofelya Varyag*. [Agrotechnical passport of Varyag potato cultivar]. Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables. 2018;(9):26-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.9.18329>
12. Kiselev A. I., Shabanov A. E. *Urozhaynost' i kachestvo klubney novogo sorta kartofelya Kumach v zavisimosti ot kompleksa agropriemov*. [Yield and quality of new potato variety Kumach depending on set of agricultural practices]. Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables. 2020;(4):29-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.75.83.005>
13. Shabanov A. E., Kiselev A. I. *Novyy sort kartofelya Gulliver v usloviyah Tsentral'noy Rossii*. [A new potato variety Gulliver in the Central Russia]. Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables. 2021;(1):30-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.99.87.003>
14. Tulinov A. G. *Rezul'taty ispytaniya perspektivnykh sortov kartofelya v usloviyakh Respubliki Komi*. [Results of testing of promising varieties of potato under conditions of Komi Republic]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2015;(4(47)):21-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2015.47.4.21-28>
15. Shmorgunov G. T., Puzanova I. E., Tulinov A. G. *Otsenka perspektivnykh selektsionnykh nomerov i sortov kartofelya v usloviyakh Respubliki Komi*. [The estimation of the perspective breeding numbers and varieties of the potato in the conditions of Komi Republic]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2012;(4(29)):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17846770>

16. Tulinov A. G., Konkin P. I. *Otsenka perspektivnykh sortoobraztsov kartofelya v usloviyakh Respubliki Komi*. [Evaluation of promising variety samples of potato under conditions of the Komi Republic]. *Zemledelie*. 2016;(8):45-47. (In Russ.).
17. Zaynullin V. G., Yudin A. A., Kushch A. A., Nekrasova A. I., Malyuchenko O. P., Bykov S. A. *Issledovanie sortov i gibridov kartofelya iz selektsionnogo pitomnika FITs Komi NTs UrO RAN na nalichie markerov ustoychivosti k fitopatogenam*. [Research of varieties and hybrids of potato from a selective kennel of FITs Komi SC UrO RAS available for phytopathogen resistance markers]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2019;(7):85-91. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41253855>
18. *Sistema vedeniya sel'skogo khozyaystva Komi ASSR. Sistema intensivnogo vedeniya zemledeliya*. [Agricultural system of the Komi ASSR. Intensive farming system]. Kollektiv avtorov. Syktyvkar: Komi knizhnoe izdatel'stvo, 1983. 148 p.
19. Tulinov A. G., Lobanov A. Yu., Shlyk M. Yu., Kosolapova T. V. *Sorta kartofelya, adaptirovannye k usloviyam Severa*. [Potato varieties adapted to the conditions of the North]. *Kartofel' i ovoshchi* = Potato and Vegetables. 2019;(8):27-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.20.37.003>
20. Shmorgunov G. T., Tulinov A. G., Konkin P. I., Kokovkina S. V., Yudin A. A., Oblizov A. V. *Razvitiye agrotekhnologiy povysheniya produktivnosti kartofelevodstva v usloviyakh Severa: monografiya*. [The development of agricultural technologies for increasing the productivity of potato growing in the North: a monograph]. Syktyvkar: FGBNU NIISKh Respubliki Komi; GOU VO KRAGSiU, 2016. 127 p.

Сведения об авторах

✉ **Тулинов Алексей Геннадьевич**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник отдела сельскохозяйственной геномики, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7184-6113>, e-mail: toolalgen@mail.ru

Лобанов Александр Юрьевич, младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной геномики, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1653-2987>

Information about the authors

✉ **Aleksei G. Tulinov**, PhD in Agricultural Science, researcher, the Department of Agricultural Genomics, A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology, Federal Research Center, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, st. Rucheynaya, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7184-6113>, e-mail: toolalgen@mail.ru

Aleksander Yu. Lobanov, junior researcher, the Department of Agricultural Genomics, A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology, Federal Research Center, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, st. Rucheynaya, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1653-2987>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Молекулярный скрининг сортов картофеля Фаленской селекционной станции на устойчивость к фитопатогенам

© 2021. А. В. Бакулина , Л. С. Савинцева, О. Н. Башлакова, Н. Ф. Синцова

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

Генотипы картофеля селекции Фаленской селекционной станции изучали на наличие маркеров генов устойчивости к ряду патогенов: чистообразующим золотистой и бледной нематодам, раку картофеля, вирусам X (PVX) и Y (PVY). Использовали метод мультиплексного ПЦР-анализа. В работе исследовали сорта Шурминский 2, Алиса, Виза, Чайка, Огниво, Дарик, Глория, Голубка, Вираж и перспективный сортобразец 56-09. У большинства (8 из 10) генотипов выявлен маркер, сцепленный с геном устойчивости к раку картофеля (*Sen1*). ДНК-маркер гена устойчивости к золотистой чистообразующей нематоде (*H1*) и маркер гена устойчивости к бледной нематоде (*Gpa2*) обнаружены у шести генотипов. Маркер гена устойчивости к PVX (*Rx1*) выявлен у сортов Шурминский 2, Алиса, Чайка, Голубка, Вираж. Установлено, что ни один из исследованных генотипов картофеля не несет маркеров *RYSC3*, *Ry186*, *YES3-3A*, сцепленных с генами устойчивости к PVY. Хотя полевая оценка устойчивости свидетельствует о наличии таковой у образцов Чайка, Дарик, Вираж, Алиса. Молекулярные маркеры, сцепленные с наибольшим количеством исследованных генов устойчивости (*H1*, *Gpa2*, *Sen1*, *Rx1*), выявлены у сортов Шурминский 2, Голубка, Вираж. Среди использованных в работе ДНК-маркеров в меньшей степени полевым наблюдениям соответствовали данные оценки генотипов картофеля с применением маркеров генов вирусоустойчивости (маркеры PVX, RYSC3, Ry186, YES3-3A). Использование молекулярных маркеров позволяет определить наличие генов устойчивости и оценить перспективность образца за короткий промежуток времени, но при этом требует тщательного выбора ДНК-маркера, в высокой степени коррелирующего с проявлением признака.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum L.*, ДНК-маркеры, гены устойчивости, *Synchytrium endobioticum*, *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, *PVX*, *PVY*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0008).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бакулина А. В., Савинцева Л. С., Башлакова О. Н., Синцова Н. Ф. Молекулярный скрининг сортов картофеля Фаленской селекционной станции на устойчивость к фитопатогенам. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):340-350. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.340-350>

Поступила: 11.02.2021 Принята к публикации: 13.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Molecular screening of potato varieties bred by Falenki Breeding station for resistance to phytopathogens

© 2021. Anna V. Bakulina , Larisa S. Savintseva, Olga N. Bashlakova, Nina F. Sintsova

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

The genotypes of potatoes bred by Falenki Breeding station were studied for the presence of resistance genes markers to the following pathogens: *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, *Synchytrium endobioticum*, potato virus X (PVX) and potato virus Y (PVY). The method of multiplex PCR analysis was used. The varieties Shurminsky 2, Alisa, Viza, Chayka, Ognivo, Darik, Gloriya, Golubka, Virazh and a promising variety sample 56-09 were studied. In most (8 out of 10) genotypes, marker linked to the *Sen1* gene of resistance to *S. endobioticum* was identified. DNA marker of the *G. rostochiensis* resistance gene (*H1*) and the *G. pallida* resistance gene marker (*Gpa2*) were found in six genotypes. The marker of the PVX resistance gene (*Rx1*) was detected in the varieties Shurminsky 2, Alisa, Chayka, Golubka, and Virazh. It has been established that none of the studied potato genotypes carries markers *RYSC3*, *Ry186*, *YES3-3A* linked to the PVY resistance genes. Although in the field, resistance was detected in the samples Chayka, Darik, Virazh, Alisa. Molecular markers linked to the largest number of resistance genes studied (*H1*, *Gpa2*, *Sen1*, and *Rx1*) were identified in the varieties Shurminsky 2, Golubka, and Virazh. Among the DNA markers used in the work, the data of potato genotype assessment using markers of virus resistance genes (PVX, RYSC3, Ry186, YES3-3A) were less consistent with field observations. The use of molecular markers makes it possible to determine the presence of resistance genes and assess the prospects of a sample in a short period of time, but, at the same time, requires careful choice of a DNA marker that is highly correlated with the manifestation of the trait.

Keywords: *Solanum tuberosum L.*, DNA markers, resistance genes, *Synchytrium endobioticum*, *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, *PVX*, *PVY*

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0008).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citations: Bakulina A. V., Savintseva L. S., Bashlakova O. N., Sintsova N. F. Molecular screening of potato varieties bred by Falenki Breeding station for resistance to phytopathogens. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):340-350. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.340-350>

Received: 11.02.2021

Accepted for publication: 13.05.2021

Published online: 23.06.2021

Картофель – одна из важнейших продовольственных культур как в мире в целом, так и в России в частности. Селекция картофеля в Кировской области направлена на создание сортов, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям, а также на повышение устойчивости культуры к патогенам и вредителям. В настоящее время насчитывается около 30 наиболее распространенных болезней картофеля, ежегодные потери урожая от которых составляют 10-60 % [1, 2].

На территории России объектами внешнего и внутреннего карантина картофеля являются возбудитель рака картофеля *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. и золотистая цистообразующая нематода *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Behrens. Потери урожая при поражении картофеля данными патогенами могут достигать от 50 до 100 % [3]. *S. endobioticum* поражает растения семейства Пасленовые, в том числе томаты, паслен, физалис. Зимние зооспорангии могут сохраняться в почве десятки лет, не теряя жизнеспособности, а при благоприятных для развития патогена условиях урожай может быть уничтожен полностью [4]. *G. rostochiensis* является наиболее распространенным вредителем картофеля, против которого, так же, как и против рака картофеля, не существует химических средств защиты, поэтому основной мерой борьбы является возделывание устойчивых сортов.

До настоящего времени на территории нашей страны не выявлена бледная картофельная нематода (*Globodera pallida* (Stone) Behrens), которая повсюду встречается в странах Европейского Союза [5]. Опасность данного патогена связана со способностью преодолевать резистентность большинства современных нематодоустойчивых сортов, которые имеют доминантный ген устойчивости *H1*, детерминирующий устойчивость к *G. rostochiensis*. Потенциальный риск обнаружения

новых патотипов и видов картофельных нематод, с одной стороны, требует постоянного мониторинга вредителя, с другой – создания генотипов с полигенной устойчивостью путем вовлечения в селекционный процесс сортов, обладающих устойчивостью к различным патотипам глободер [3, 6].

Повсеместное распространение на картофеле имеют вирусные патогены, среди которых X (potato virus X, PVX) и Y-вирусы (potato virus Y, PVY) имеют наибольшую экономическую значимость. Симптомы поражения растений PVX малозаметны, при этом снижение урожайности может достигать 30 %, а при сочетании заболевания с другими вирусами потери урожая могут быть и более значительными [7, 8]. Вирус PVY представлен несколькими штаммами, вызывающими мозаичность листьев, некроз жилок и кольцевую гниль. Некоторые из них способны приводить к полной потере урожая картофеля и представляют наибольшую экономическую угрозу среди многих вирусов, поражающих картофель [8].

Создание сортов картофеля, устойчивых к болезням и вредителям, является наиболее надежным, экономичным и экологически безопасным способом снижения потерь урожайности. При традиционной селекции, основанной на фенотипическом отборе, временной период от выделения образца с ценными признаками до его передачи на сортоиспытание составляет не менее 10 лет [9, 10]. При этом полевая устойчивость к фитопатогенам проявляется у генотипа в разной степени в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Сократить время и повысить эффективность отбора устойчивых форм позволяет маркер-опосредованная селекция (marker assisted selection – MAS) [11, 12]. С применением молекулярных маркеров (ДНК-маркеров) можно проводить скрининг на устойчивость в ранних клonalных поколениях, что позволяет уменьшить количество и масштабы полевых

испытаний, сократить время и ресурсы, затрачиваемые на производство новых сортов [13, 14]. Например, при отборе нематодоустойчивых форм затраты на полевую оценку и ДНК-анализ образца соотносятся как 3:1 [15].

В настоящее время выявлены наиболее эффективные маркеры генов и локусов устойчивости для использования в селекции картофеля. Среди них маркеры PVX и Ry186 [16], YES3-3A, RYSC3 для выявления R-генов, определяющих устойчивость к вирусам X и Y соответственно, маркер NL25 [17] для скрининга гена *Sen1* устойчивости к *S. endobioticum*, а также маркеры генов *H1*, *Gro1* и *Gpa2* [11, 18, 19, 20] устойчивости к нематодам. Значительный интерес представляет использование этих маркеров для изучения генотипов картофеля местной селекции, адаптированных к региональным условиям, для выявления среди них наиболее ценных образцов, несущих гены устойчивости, и дальнейшего планирования селекционной работы.

Цель исследований – скрининг сортов картофеля селекции Фаленской селекционной станции на наличие ДНК-маркеров, сцепленных с генами устойчивости к цистообразующим нематодам *G. rostochiensis* (гены *H1*, *Gro1-4*) и *G. pallida* (*Gpa2*), раку картофеля (*Sen1*), вирусам PVX (*Rx1*) и PVY (*Ryadg*, *Rychc*, *Rysto*).

Материал и методы. Материалом для исследования служили сорта картофеля (Шурминский 2, Алиса, Виза, Чайка, Огниво, Дарик, Глория, Голубка, Вираж) и перспективный сортобразец (56-09) селекции Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В работе использовали ДНК-маркеры, показывающие наиболее высокий уровень корреляции наличия амплифицированного фрагмента и устойчивости к патогену согласно данным зарубежных и российских исследований [16, 17, 18, 21, 22, 23, 24]. В геноме картофеля исследуемых генотипов определяли наличие десяти молекулярных маркеров, сцепленных с генами устойчивости к следующим патогенам:

- золотистая нематода (маркеры TG-689, 57R, N195 (ген *H1*); маркер Gro-1-4-1 (ген *Gro1-4*));
- бледная нематода (маркер *Gpa2-2* (ген *Gpa2*));
- рак картофеля (маркер NL25 (ген *Sen1*));

- вирус X (маркер PVX (ген *Rx1*));
- вирус Y (маркеры RYSC3 (ген *Ryadg*), Ry186 (ген *Rychc*), YES3-3A (ген *Rysto*)).

Фрагментный анализ на наличие маркеров генов устойчивости картофеля проводили с помощью набора реагентов «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля»» («Синтол», Россия) на базе научно-производственной компании «Синтол» (г. Москва). Для идентификации среди генетически разнообразных форм картофеля генотипов с генами устойчивости использовали мультиплексный ПЦР-анализ на выявление десяти приведенных выше маркеров [12]. Для выделения ДНК использовали клубни картофеля, оценку качества и количества выделенной ДНК проводили на спектрофотометре NanoDrop ND-1000 (США). Амплификацию ДНК осуществляли с помощью термоциклира Applied Biosystems Thermal Cycler 2720 («ThermoFisher Scientific», США). В качестве положительного контроля использовали смесь десяти плазмид, содержащих искомые фрагменты ДНК картофеля, отрицательный контроль – вода. Реакционная смесь (25 мкл) содержала 5-15 нг исследуемой ДНК. Режим ПЦР: 5 мин при 95 °C (1 цикл); 20 с при 95 °C, 30 с при 61 °C, 40 с при 72 °C (40 циклов); 5 мин при 72 °C (1 цикл). Визуализацию ПЦР-продуктов осуществляли методом капиллярного электрофореза на генетическом анализаторе «Нанофор 05» (Институт аналитического приборостроения РАН). Учет результатов осуществляли автоматически с использованием программы «ГенЭксперт» версия 5.0.1.6.

Фенотипическую оценку устойчивости исследуемых генотипов картофеля к карантинным патогенам (*G. rostochiensis* и *S. endobioticum*) определяли на провокационном фоне ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха»; устойчивость к вирусам оценивали визуально в полевых условиях по 9-балльной шкале¹: 1 балл – неустойчив (симптомы отмечены более чем у 60 % растений); 3 балла – слабоустойчив (поражено от 30 до 60 % растений); 5 баллов – среднеустойчив (поражено от 10 до 30 % растений); 7 баллов – устойчив (до 10 % растений); 9 баллов – высокоустойчив (отсутствие поражения).

¹Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО «Редакция журнала «Достижение науки и техники АПК», 2006. 70 с.

Результаты и их обсуждение.

Результаты проведенного скрининга десяти генотипов картофеля селекции Фаленской селекционной станции с использованием ДНК-маркеров генов устойчивости к основным патогенам картофеля приведены в таблице 1. Установлено, что большая часть исследованных образцов (8 из 10) является носителями гена *Sen1* устойчивости к раку картофеля. Этот факт обусловлен тем, что устойчивость к *S. endobioticum* является обязательным требованием для включения новых сортов в реестр селекционных достижений [2]. Маркер NL25 является наиболее используемым в прикладных исследованиях и обнаружен практически у всех ракоустойчивых отечественных и зарубежных сортов, проанализированных с помощью ДНК-маркеров [25, 26, 27]. ПЦР-анализ с использованием маркера NL25 не подтвердил наличие гена устойчивости *Sen1* у образца 56-09, перспективного по хозяйственno ценным признакам, а также сорта Дарик, который, согласно данным полевых исследований, характеризуется как ракоустойчивый [28]. Известно, что доминантный аллель гена *Sen1* полностью блокирует развитие и репродуктивные способности *S. endobioticum* патотипа 1 [3, 29], распространенного в нашей стране. При этом, есть данные, что устойчивость к нему может быть обусловлена также другими локусами, находящимися за пределами хромосомы XI [3, 11, 30].

Для оценки устойчивости к нематодам наиболее эффективным считается применение маркеров генов *H1*, *Gro1-4* и *Gpa2* [3]. Ген устойчивости к *G. rostochiensis* (*H1*) выявлен у шести генотипов картофеля. В большинстве случаев (сорта Шурминский 2, Дарик, Голубка, Вираж, 56-09) присутствовали все три используемых маркера, кроме сорта Глория, где подтвердилось наличие двух маркеров гена: 57R, N195. Ни один из исследованных образцов не является носителем другого гена устойчивости к золотистой цистообразующей нематоде – *Gro1-4*.

Таблица 1 – Результаты скрининга исследуемых генотипов картофеля на устойчивость к фитопатогенам с использованием ДНК-маркеров /
Table 1 – Results of the potato genotypes screening for resistance to phytopathogens using DNA markers

Genotype / Genotype	Marker / Marker									
	<i>G. rostochiensis</i>		<i>G. pallida</i>		<i>S. endobioticum</i>		<i>PVX</i>		<i>PVY</i>	
	<i>H1</i>	<i>Gro1-4</i>	<i>Gpa2</i>	<i>Sen1</i>	<i>Rx1</i>	<i>Ryadg</i>	<i>Ryhc</i>	<i>Rysto</i>	<i>Ry186</i>	<i>YES3-3A</i>
ТГ-689	57R	N195	<i>Gro1-4</i>	<i>Gpa2</i>	NL 25					
Шурминский 2 / Shurminskiy 2	+	+	–	+	+	+	+	–	–	–
Алиса / Alisa	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виза / Viza	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чайка / Chayka	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Огниво / Ognivo	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Дарик / Darik	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Глория / Gloriya	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Голубка / Golubka	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Вираж / Virazh	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–
56-09	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Частота встречаемости маркера / Frequency of the marker	0,5	0,6	0,6	0	0,6	0,8	0,5	0	0	0

Селекция на устойчивость к *G. rostochiensis* ведется преимущественно с использованием *Solanum tuberosum* ssp. *andigenum*, формы которого обладают моногенной устойчивостью к распространенному в России патотипу R01 [6]. Большая часть устойчивых к *G. rostochiensis* сортов являются носителями гена *H1* и встречаемость маркеров гена *Gro1-4* при изучении широкого набора генотипов ниже, чем маркеров гена *H1* [3, 18, 19, 27]. Данные генетического анализа устойчивости к *G. rostochiensis* исследованных нами сортов согласу-

ются с полевой оценкой их устойчивости: сорта Алиса, Виза, Огниво, Чайка, восприимчивые к патогену, не являются носителями генов устойчивости *H1* и *Gro1-4* (табл. 2). Исключение составил сорт Дарик, у которого при наличии восприимчивого фенотипа, были выявлены все три маркера гена *H1*. Наличие ложноположительного результата, вероятно, объясняется сложностью структуры и регуляции экспрессии локуса *H1* [20], и имело место и в других работах при применении аналогичных ДНК-маркеров [12, 23, 27].

Таблица 2 – Данные фенотипической оценки устойчивости исследуемых генотипов картофеля /
Table 2 – Data of phenotypic assessment of the studied potato genotypes resistance

Генотип / Genotype	Устойчивость к фитопатогенам / Resistance to phytopathogens		
	<i>G. rostochiensis</i>	<i>S. endobioticum</i>	вирусы / viruses
Шурминский 2 / Shurminskiy 2	R	R	MR
Алиса / Alisa	S	R	MR
Виза / Viza	S	R	MR
Чайка / Chayka	S	R	R
Огниво / Ognivo	S	R	MR
Дарик / Darik	S	R	R
Глория / Gloriya	R	R	HR
Голубка / Golubka	R	R	WR
Вираж / Virazh	R	R	MR
56-09	R	S	HR

Примечания: HR (highly resistant) – высокоустойчивый; R (resistant) – устойчивый; MR (medium resistant) – среднеустойчивый; WR (weakly resistant) – слабоустойчивый; S (susceptible) – восприимчивый / Note: HR (highly resistant) – highly resistant; R (resistant) – stable; MR (medium resistant) – medium resistant; WR (weakly resistant) – weak resistant; S (susceptible) – susceptible

Наличие гена устойчивости к *G. pallida* (*Gpa2*) определяли с использованием маркера *Gpa2-2*. Ген *Gpa2* выявлен у шести сортов, из которых три (Шурминский 2, Голубка, Вираж) также имеют ген *H1* и, следовательно, несут гены устойчивости к двум видам нематод (*G. rostochiensis*, *G. pallida*). Сорта Алиса, Чайка, Огниво являются носителями одного из исследованных генов устойчивости к нематодам – *Gpa2*. Хотя на территории России вид *G. pallida* не обнаружен, случайная интродукция этого агрессивного патогена возможна в результате ввоза семенного материала из стран Западной Европы [23]. Использование в селекционном процессе доноров гена *Gpa2* является целесообразным для создания генотипов с комплексной устойчивостью к картофельным цистообразующим нематодам.

Ген *Gpa2* локализован на хромосоме XII в составе кластера генов устойчивости к дру-

гим патогенам, в частности гена *Rx1*, кодирующего устойчивость картофеля к вирусу X [31]. Маркер PVX выявлен у тех же сортов, что и маркер *Gpa2-2*, за исключением сорта Огниво (табл. 1). Полевая устойчивость к вирусам у генотипов с геном *Rx1* характеризуется как средняя (сорта Шурминский 2, Алиса, Вираж), выше средней (Чайка) и слабая (Голубка). Таким образом, для данного спектра генотипов наличие маркера PVX совпадало с фенотипической оценкой устойчивости. В то же время сорта Глория и Дарик не содержат маркер PVX, но проявляют высокую полевую вирусостойчивость.

Надежный механизм устойчивости картофеля к различным штаммам вируса Y обеспечивают *Ry*-гены [32]. Для выявления генов *Ryadg*, *Rychc*, *Rysto* в работе использовали маркеры RYSC3, Ryl86, YES3-3A соответственно. Ни у одного из исследованных сортов

не было обнаружено маркеров генов устойчивости к PVY. Сорта Голубка и Огниво неустойчивы к PVY и в полевых условиях. После оздоровления посадочного материала данные сорта склонны к накоплению Y-вируса в течение нескольких вегетационных периодов, что подтверждено данными серологического анализа. То есть отсутствие маркеров RYSC3, Ryl86, YES3-3A для этих сортов совпадает с восприимчивостью к патогену. Однако сорта Чайка, Дарик, Вираж, Алиса обладали высокой полевой устойчивостью к PVY, но при этом не показали наличие перечисленных маркеров.

Таким образом, данные лабораторных исследований на наличие маркеров генов устойчивости к вирусам (PVX и PVY) не всегда соответствовали полевым наблюдениям. Несмотря на отсутствие маркеров устойчивости к данным вирусам, многие сорта проявляют полевую вирусоустойчивость. Это может быть обусловлено следующими причинами. Во-первых, известно о различной диагностической ценности маркеров генов устойчивости. Например, среди маркеров, позволяющих наиболее эффективно оценивать устойчивость картофеля к PVY, в работе [32] выделен маркер STM0003, сцепленный с геном *Rysto*, для которого наличие маркера подтверждено высокой устойчивостью сортов. Во-вторых, нестабильность вирусной нагрузки в окружающей среде: неравномерность проявления вирусных инфекций в поле наблюдается в течение нескольких лет сортоиспытания. Кроме того, за последние несколько десятилетий значительно расширились ареал и видовой состав вирусных инфекций картофеля. У наиболее распространенных вирусов (PVX, PVY) обнаружены более агрессивные штаммы. В настоящее время наблюдается расширение ареалов насекомых-переносчиков инфекций, что, вероятно, связано с повышением температуры, вызванным глобальным потеплением. Экспорт продукции растениеводства (овощи, декоративные культуры) является источником ввоза насекомых-носителей вирусных инфекций [33].

Итак, использование молекулярных маркеров позволяет определить наличие генов устойчивости и оценить перспективность образца за короткий промежуток времени [15], но при этом требует тщательного выбора ДНК-маркера, в высокой степени коррелирующего с проявлением признака. Картофель – культура, для которой MAS применяется достаточно активно и в нашей стране, что дает возможность сопоставить полученные результаты

с данными других исследователей. Например, для сортов Шурминский 2, Виза, Чайка и Алиса оценка с использованием маркеров 57R, TG689, N195 к гену *H1* соотносится с результатами скрининга в работе [27], для сортов Вираж и Огниво – по маркерам 57R, N195, Gro-1-4-1 [34], для генотипов Алиса, Виза, Вираж, Огниво, Шурминский 2, Чайка – по маркеру RYSC3 [32].

Заключение. Молекулярный скрининг сортов картофеля селекции Фаленской селекционной станции показал наличие генов устойчивости к следующим фитопатогенам: чистообразующие нематоды (*G. rostochiensis*, *G. pallida*), рак картофеля (*S. endobioticum*), вирус X. Среди десяти исследованных сортов картофеля по частоте встречаемости преобладали маркеры гена устойчивости к раку картофеля *Sen1* (частота встречаемости 0,8), реже встречались маркеры гена устойчивости к бледной нематоде *Gpa2* (0,6), гена *H1* устойчивости к *G. rostochiensis* (0,6) и гена *Rx1* устойчивости к вирусу X (0,5). У исследованных генотипов не выявлены маркеры генов устойчивости к вирусу Y (*Ryadg*, *Rychc*, *Rysto*), а также гена *Gro1-4*, обеспечивающего устойчивость к широкому набору патотипов *G. rostochiensis*.

Максимальное количество маркеров, сцепленных с четырьмя генами устойчивости (*H1*, *Gpa2*, *Sen1*, *Rx1*), установлено у сортов: Шурминский 2, Голубка, Вираж. Данные генотипы, таким образом, являются носителями генов устойчивости к обоим карантинным патогенам картофеля – золотистой картофельной нематоде и раку картофеля. Также генетическая устойчивость к карантинным объектам (гены *H1*, *Sen1*) зафиксирована у сорта Глория. У сортов Алиса и Чайка выявлено по три гена устойчивости (*Gpa2*, *Sen1*, *Rx1*), но при этом отсутствуют гены устойчивости к *G. rostochiensis*. У трех генотипов картофеля выявлены маркеры к генам устойчивости только к одному из исследованных патогенов: у сорта Дарик и селекционного номера 56-09 – маркеры TG-689, 57R и N195 гена *H1*, у сорта Виза – маркер NL25 гена *Sen1*.

Исследованные с помощью ПЦР-маркеров генотипы картофеля, таким образом, различаются по количеству выявленных генов устойчивости, что позволяет вести селекционную работу с применением образцов, содержащих оптимальный набор генов устойчивости в сочетании с их хозяйственными ценностями. У использованных в работе сортов можно отметить такие ценные признаки, как

высокая урожайность (Вираж, Алиса, Чайка, Виза), хорошие вкусовые качества (Алиса, Чайка, Глория, Виза), высокая товарность клубней (Шурминский 2, Алиса, Чайка), устойчивость к фитофторозу (Виза, Огниво), высокое содержание сухих веществ (Голубка, Вираж), пригодность для промышленной переработки (Голубка), лежкость (Огниво), повышенное содержание витамина С (Виза). Это обуславливает их ценность для использования в селекционном процессе, т. к. нередко наличие устойчивости коррелирует с потерей хозяйственными качеств.

Проведенный скрининг выявил необходимость вовлечения в селекционный процесс доноров гена *Gro1-4*, который в отличие от гена *H1*, обеспечивающего устойчивость к двум патотипам (Ro1 и Ro4) *G. rostochiensis*, связан с устойчивостью ко всем известным патотипам патогена. Также установлена недостаточная генетическая защищенность местных сортов к вирусам, в особенности к PVY.

Метод MAS является эффективным способом создания генотипов картофеля с заданными

ми свойствами. Однако важным критерием для выбора маркеров генов устойчивости является их высокая диагностическая ценность. В меньшей мере корреляция данных о наличии ДНК-маркеров с полевой устойчивостью для исследованных нами генотипов отмечена для устойчивости к вирусам PVX и PVY, что требует в дальнейшем применения других маркеров и информативной фенотипической оценки в стандартных условиях для исследуемых сортов.

В связи с постоянной совместной эволюцией взаимоотношений патогена и хозяина, изменением условий окружающей среды, распространением новых фитопатогенных видов и потенциальной угрозой ввоза более агрессивных патогенов картофеля из-за рубежа создание сортов с комплексной устойчивостью служит превентивной мерой, для того чтобы обезопасить урожай этой важной культуры. Селекция с использованием эффективных маркеров генов устойчивости, генетический скрининг исходных форм и перспективных гибридов необходимы для создания сортов картофеля в современных условиях.

Список литературы

1. Кузнецова М. А. Защита картофеля. Защита и карантин растений. 2007;(S5):62(2)-88(28). Режим доступа: https://www.studmed.ru/kuznecova-ma-zashchita-kartofelya_29ebc5835a5.html
2. Сайнакова А. Б., Романова М. С., Красников С. Н., Литвинчук О. В., Алексеев Я. И., Никулин А. В., Терентьева Е. В. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(1):18-24. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.326>
3. Хютти А. В., Антонова О. Ю., Мироненко Н. В., Гавриленко Т. А., Афанасенко О. С. Устойчивость картофеля к карантинным болезням. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(1):51-61. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.223>
4. Пересыпкин В. Ф. Болезни сельскохозяйственных культур. Т. 2. Болезни технических культур и картофеля. Киев: Урожай, 1990. 248 с. Режим доступа: https://www.studmed.ru/peresypkin-vf-bolezni-selskohozyaystvennyh-kultur-t-2-bolezni-tehnicheskikh-kultur-i-kartofelya_a21c34fa4a8.html
5. Limantseva L., Mironenko N., Shuvalov O., Antonova O., Khiutti A., Novikova L., Afanasenko O., Spooner D., Gavrilenko T. Characterization of resistance to *Globodera rostochiensis* pathotype Ro1 in cultivated and wild potato species accessions from the Vavilov Institute of Plant Industry. Plant Breeding. 2014;133(5):660-665. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12195>
6. Шестеперов А. А., Грибоедова О. Г. Создание нематодоустойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Аграрная наука. 2019;(S2):130-134. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-130-134>
7. Lico C., Benvenuto E., Baschieri S. The Two-Faced Potato Virus X: From Plant Pathogen to Smart Nanoparticle. Front. Plant Sci. 2015;6:1009. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01009>
8. Макарова С. С., Макаров В. В., Тальянский М. Э., Калинина Н. О. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(1):62-73. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.224>
9. Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. Российская акад. с.-х. наук, Всероссийский науч.-исслед. ин-т картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха. М.: Изд-во Достижения науки и техники АПК, 2006. 70 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002983570>
10. Gebhardt C. Bridging the gap between genome analysis and precision breeding in potato. Trends in Genetics. 2013;29(4):248-256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.11.006>
11. Gebhardt C., Bellin A., Henselewski A., Lehmann W., Schwarzfischer A., Valkonen J. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. Theor. Appl. Genet. 2006;112:1458-1464. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0248-8>

12. Рогозина Е. В., Терентьева Е. В., Потокина Е. К., Юркина Е. Н., Никулин А. В., Алексеев Я. И. Идентификация родительских форм для селекции картофеля, устойчивого к болезням и вредителям, методом мультиплексного ПЦР-анализа. Сельскохозяйственная биология. 2019; 54(1):19-30. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.1.19rus>
13. Slater A. T., Noel O. I. Cogan N. O. I., Forster J. W. Cost analysis of the application of marker-assisted selection in potato breeding. Mol Breeding. 2013;32:299-310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-013-9871-7>
14. Ramakrishnan A. P., Ritland C. E., Sevillano R. H. B., Riseman A. Review of potato molecular markers to enhance trait selection. American journal of potato research. 2015; 92(4):455-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9455-7>
15. Хлесткина Е. К., Шумный В. К., Колчанов Н. А. Маркёр-ориентированная селекция и примеры ее использования в мировом картофелеводстве. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(10):5-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27175115>
16. Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Nakao T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. Euphytica. 2011;180:347-355. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0381-6>
17. Hehl R., Faurie E., Hesselbach J., Salamini F., Whitham S., Baker B., Gebhardt C. TMV resistance gene N homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. Theor Appl Genet. 1999;98:379-386. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s001220051083>
18. Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. Breeding Science. 2012;62(2):142-150. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.142>
19. Milczarek D., Flis B., Przetakiewicz A. Suitability of molecular markers for selection of potatoes resistant to *Globodera* spp. Am. J. Potato Res. 2011;88:245-255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-011-9189-0>
20. Finkers-Tomczak A., Bakker E., de Boer J., van der Vossen E., Achenbach U., Golas T., Suryaningrat S., Smant G., Bakker J., Goverse A. Comparative sequence analysis of the potato cyst nematode resistance locus H1 reveals a major lack of co-linearity between three haplotypes in potato (*Solanum tuberosum* ssp.). Theor Appl Genet. 2011;122(3):595-608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1472-9>
21. Kasai K., Morikawa Y., Sorri V. A., Valkonen J. P. T., Gebhardt C., Watanabe K. N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. Genome. 2000;43(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1139/g99-092>
22. Song Y. S., Hepting L., Schweizer G., Hartl L., Wenzel G., Schwarzfischer A. Mapping of extreme resistance to PVY (Ry_{sto}) on chromosome XII using anther-culture-derived primary dihaploid potato lines. Theor Appl Genet 2005;111:879-887. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0010-7>
23. Бирюкова В. А., Шмыгль И. В., Абросимова С. Б., Мананков В. В., Митюшкин А. В., Рогозина Е. В., Кирю С. Д., Чалая Н. А., Мелешин А. А., Жарова В. А. Применение молекулярных маркеров в селекции на устойчивость к картофельной цистообразующей нематоде. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017;178(1):92-103. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-1-92-103>
24. Schultz L., Cogan N. O. I., McLean K., Dale M. F. B., Bryan G. J., Forster J. W., Slater A. T. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato. Plant Breeding. 2012;131(2):315-321. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x>
25. Лукша В. И., Воронкова Е. В., Гукасян О. Н., Ермишин А. П. Оценка первичных дигаплоидов *S. tuberosum* на наличие генов устойчивости к болезням и вредителям методом ПЦР-анализа. Молекулярная и прикладная генетика. 2012;13:82-87. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38473563>
26. Бирюкова В. А., Шмыгль И. В., Абросимова С. Б., Запекина Т. И., Мелешин А. А., Митюшкин А. В., Мананков В. В. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИКХ с использованием молекулярных маркеров. Защита картофеля. 2015;(1):3-7. Режим доступа: http://www.kartofel.org/zakart/zk1_2015.pdf
27. Антонова О. Ю., Швачко Н. А., Новикова Л. Ю., Шувалов О. Ю., Костина Л. И., Клименко Н. С., Шувалова А. Р., Гавриленко Т. А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров R-генов устойчивости. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(5):596-606. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.181>
28. Синцова Н. Ф., Лыскова И. В., Сергеева З. Ф. Перспективные направления селекции картофеля на Фаленской селекционной станции. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2011;6(25):8-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039038>
29. Lellbach H., Effmert M. Ergebnisse einer Diallelanalyse zur Vererbung der Resistenz gegen *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., Pathotyp 1 (D1) bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) Potato Research 1990;33:251-256. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02358454>
30. Prodhomme C., Vos P., Paulo M. J., Tammes J. E., Richard G. F., Visser R. G. F., Jack H., Vossen J. H., Eck H. J. Distribution of P1(D1) wart disease resistance in potato germplasm and GWAS identification of haplotype-specific SNP markers. Theoretical and Applied Genetics. 2020;133:1859-1871. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03559-3>

31. Van der Vossen E. A., van der Voort J. N. R., Kanyuka K., Bendahmane A., Sandbrink H., Baulcombe D. C., Bakker J., Stiekema W. J., Klein-Lankhorst R. M. Homologues of a single resistance-gene cluster in potato confer resistance to distinct pathogens: a virus and a nematode. *The Plant Journal*. 2000;23(5):567-576. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1046/j.1365-313x.2000.00814.x>
32. Клименко Н. С., Гавриленко Т. А., Костина Л. И., Мамадбокирова Ф. Т., Антонова О. Ю. Поиск источников устойчивости к *Globodera pallida* и к PVX в коллекции отечественных сортов картофеля с использованием молекулярных маркеров. *Биотехнология и селекция растений*. 2019;2(1):42-48. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2019-1-42-48>
33. Рогозина Е. В., Мироненко Н. В., Афанасенко О. С., Мацухито Ю. Широко распространенные и потенциально опасные для российского агропроизводства возбудители вирусных болезней картофеля. *Вестник защиты растений*. 2016;4(90):24-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28376320&>
34. Клименко Н. С., Антонова О. Ю., Костина Л. И., Мамадбокирова Ф. Т., Гавриленко Т. А. Маркер-опосредованная селекция отечественных сортов картофеля с маркерами генов устойчивости к золотистой картофельной нематоде (патотип Ro1). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(4):66-75. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-4-66-75>

References

1. Kuznetsova M. A. *Zashchita kartofelya*. [Potato protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2007;(S5):62(2)-88(28). (In Russ.). URL: https://www.studmed.ru/kuznecova-ma-zashchita-kartofelya_29ebc5835a5.html
2. Saynakova A. B., Romanova M. S., Krasnikov S. N., Litvinchuk O. V., Alekseev Ya. I., Nikulin A. V., Terent'eva E. V. *Issledovanie kollektionsykh obraztsov kartofelya na nalichie geneticheskikh markerov ustoichivosti k fitopatogenam*. [Testing potato collection samples for the presence of genes for resistance to phytopathogens by means of DNA markers]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(1):18-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.326>
3. Khyutti A. V., Antonova O. Yu., Mironenko N. V., Gavrilenko T. A., Afanasenko O. S. *Ustoichivost' kartofelya k karantinnym boleznyam*. [Potato resistance to quarantine diseases]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017;21(1):51-61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.223>
4. Peresypkin V. F. *Bolezni sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Diseases of agricultural crops]. Vol. 2. *Bolezni tekhnicheskikh kul'tur i kartofelya*. [Diseases of industrial crops and potatoes]. Kiev: *Urozhay*, 1990. 248 c. URL: https://www.studmed.ru/peresypkin-vf-bolezni-selskokhozyaystvennyh-kultur-t-2-bolezni-tehnicheskikh-kultur-i-kartofelya_a21c34fa4a8.html
5. Limantseva L., Mironenko N., Shuvalov O., Antonova O., Khiutti A., Novikova L., Afanasenko O., Spooner D., Gavrilenko T. Characterization of resistance to *Globodera rostochiensis* pathotype Ro1 in cultivated and wild potato species accessions from the Vavilov Institute of Plant Industry. *Plant Breeding*. 2014;133(5):660-665. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12195>
6. Shestoperov A. A., Gribodova O. G. *Sozdanie nematodoustoichivykh sortov i gibrivov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [The creation of nematode resistant varieties and hybrids of agricultural crops]. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2019;(S2):130-134. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-130-134>
7. Lico C., Benvenuto E., Baschieri S. The Two-Faced Potato Virus X: From Plant Pathogen to Smart Nanoparticle. *Front. Plant Sci.* 2015;6:1009. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01009>
8. Makarova S. S., Makarov V. V., Tal'yanskiy M. E., Kalinina N. O. *Ustoichivost' kartofelya k virusam: sovremennoe sostoyanie i perspektivy*. [Resistance to viruses of potato: current status and prospects]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017;21(1):62-73. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.224>
9. Simakov E. A., Sklyarova N. P., Yashina I. M. *Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selektsionnogo protsessa kartofelya*. Rossiyskaya akad. s.-kh. nauk, Vserossiyskiy nauch.-issled. in-t kartofel'nogo khoz-va im. A. G. Lorkha. [Methodological guidelines for the technology of the potato breeding process. Russian Academy of Agricultural Sciences, The Lorch Potato Research Center]. Moscow: Izd-vo Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2006. 70 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002983570>
10. Gebhardt C. Bridging the gap between genome analysis and precision breeding in potato. *Trends in Genetics*. 2013;29(4):248-256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.11.006>
11. Gebhardt C., Bellin A., Henselewski A., Lehmann W., Schwarzfischer A., Valkonen J. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. *Theor. Appl. Genet.* 2006;112:1458-1464. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0248-8>
12. Rogozina E. V., Terent'eva E. V., Potokina E. K., Yurkina E. N., Nikulin A. V., Alekseev Ya. I. *Identifikatsiya roditel'skikh form dlya selektsii kartofelya, ustoichivogo k boleznyam i vreditelyam, metodom multipleksnogo PTsR-analiza*. [Multiplex PCR-based identification of potato genotypes as donors in breeding for resistance to diseases and pests]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2019; 54(1):19-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.1.19rus>
13. Slater A. T., Noel O. I., Cogan N. O. I., Forster J. W. Cost analysis of the application of marker-assisted selection in potato breeding. *Mol Breeding*. 2013;32:299-310. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-013-9871-7>

14. Ramakrishnan A. P., Ritland C. E., Sevillano R. H. B., Riseman A. Review of potato molecular markers to enhance trait selection. *American journal of potato research*. 2015; 92(4): 455-472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9455-7>
15. Khlestkina E. K., Shumny V. K., Kolchanov N. A. *Marker-orientirovannaya selektsiya i primery ee ispol'zovaniya v mirovom kartofelevodstve*. [Marker-assisted selection and examples of its application in world potato growing]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(10):5-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27175115>
16. Mori K., Sakamoto Y., Mukojima N., Tamiya S., Nakao T., Ishii T., Hosaka K. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. *Euphytica*. 2011;180:347-355. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0381-6>
17. Hehl R., Faurie E., Hesselbach J., Salamini F., Whitham S., Baker B., Gebhardt C. TMV resistance gene N homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. *Theor Appl Genet*. 1999;98:379-386. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s001220051083>
18. Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. *Breeding Science*. 2012;62(2):142-150. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.142>
19. Milczarek D., Flis B., Przetakiewicz A. Suitability of molecular markers for selection of potatoes resistant to *Globodera* spp. *Am. J. Potato Res.* 2011;88:245-255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-011-9189-0>
20. Finkers-Tomczak A., Bakker E., de Boer J., van der Vossen E., Achenbach U., Golas T., Suryanirat S., Smant G., Bakker J., Goverse A. Comparative sequence analysis of the potato cyst nematode resistance locus H1 reveals a major lack of co-linearity between three haplotypes in potato (*Solanum tuberosum* ssp.). *Theor Appl Genet*. 2011;122(3):595-608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1472-9>
21. Kasai K., Morikawa Y., Sorri V. A., Valkonen J. P. T., Gebhardt C., Watanabe K. N. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. *Genome*. 2000;43(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1139/g99-092>
22. Song Y. S., Hepting L., Schweizer G., Hartl L., Wenzel G., Schwarzfischer A. Mapping of extreme resistance to PVY (Ry_{sto}) on chromosome XII using anther-culture-derived primary dihaploid potato lines. *Theor Appl Genet*. 2005;111:879-887. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0010-7>
23. Biryukova V. A., Shmygla I. V., Abrosimova S. B., Manankov V. V., Mityushkin A. V., Rogozina E. V., Kiru S. D., Chalaya N. A., Meleshin A. A., Zharova V. A. *Primenenie molekulyarnykh markerov v selektsii na ustoychivost' k kartofel'noy tsistoobrazuyushchey nematode*. [Application of molecular markers in breeding for resistance to potato cyst nematode]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(1):92-103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-1-92-103>
24. Schultz L., Cogan N. O. I., McLean K., Dale M. F. B., Bryan G. J., Forster J. W., Slater A. T. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato. *Plant Breeding*. 2012;131(2):315-321. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x>
25. Luksha V. I., Voronkova E. V., Gukasyan O. N., Ermishin A. P. *Otsenka pervichnykh digaploidov S. tuberosum na nalichie genov ustoychivosti k boleznyam i vreditelyam metodom PTsR-analiza*. [Estimation S. tuberosum primary dihaploids on possession of disease and pest resistance genes by means of PCR analysis]. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. 2012;13:82-87. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38473563>
26. Biryukova V. A., Shmygla I. V., Abrosimova S. B., Zapekina T. I., Meleshin A. A., Mityushkin A. V., Manankov V. V. *Poisk istochnikov genov ustoychivosti k patogenam sredi obraztsov selektsionno-geneticheskikh kolektsii VNIKKh s ispol'zovaniem molekulyarnykh markerov*. [The search for sources of resistance genes to pathogens among the samples of plant breeding and genetics collections of All-Russian A.G. Loh Research Institute of Potato Farming using molecular markers]. *Zashchita kartofelya*. 2015;(1):3-7. (In Russ.). URL: http://www.kartofel.org/zakart/zk1_2015.pdf
27. Antonova O. Yu., Shvachko N. A., Novikova L. Yu., Shuvalov O. Yu., Kostina L. I., Klimenko N. S., Shuvalova A. R., Gavrilenko T. A. *Geneticheskoe raznoobrazie sortov kartofelya rossiyskoy selektsii i stran blizhnego zarubezh'ya po dannym polimorfizma SSR-lokusov i markerov R-genov ustoychivosti*. [Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR-loci and markers associated with resistance R-genes]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):596-606. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.181>
28. Sintsova N. F., Lyskova I. V., Sergeeva Z. F. *Perspektivnye napravleniya selektsii kartofelya na Falenskoy selektsionnoy stantsii*. [Perspective directions of selection of potato on Falenki plant-breeding station]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2011;6(25):8-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039038>
29. Lellbach H., Effmert M. Ergebnisse einer Diallelanalyse zur Vererbung der Resistenz gegen *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., Pathotyp 1 (D1) bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) Potato Research 1990;33:251-256. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02358454>

30. Prodhomme C., Vos P., Paulo M. J., Tammes J. E., Richard G. F., Visser R. G. F., Jack H., Vossen J. H., Eck H. J. Distribution of P1(D1) wart disease resistance in potato germplasm and GWAS identification of haplotype-specific SNP markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020;133:1859-1871.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03559-3>

31. Van der Vossen E. A., van der Voort J. N. R., Kanyuka K., Bendahmane A., Sandbrink H., Baulcombe D. C., Bakker J., Stiekema W. J., Klein-Lankhorst R. M. Homologues of a single resistance-gene cluster in potato confer resistance to distinct pathogens: a virus and a nematode. *The Plant Journal*. 2000;23(5):567-576.

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1046/j.1365-313x.2000.00814.x>

32. Klimenko N. S., Gavrilenco T. A., Kostina L. I., Mamadbokirova F. T., Antonova O. Yu. *Poisk istochnikov ustoychivosti k Globodera pallida i k PVX v kollektse otechestvennykh sortov kartofelya s ispol'zovaniem molekularnykh markerov*. [Search for resistance sources to Globodera pallida and potato virus X in the collection of potato varieties using molecular markers]. *Biotehnologiya i selektsiya rasteniy* = Plant Biotechnology and Breeding. 2019;2(1):42-48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2019-1-42-48>

33. Rogozina E. V., Mironenko N. V., Afanaseenko O. S., Matsukhito Yu. *Shiroko rasprostranennye i potentsial'no opasnye dlya rossiyskogo agroproizvodstva vozбудители вирусных болезней картофеля*. [Widespread and potentially dangerous to Russian agriculture causative agents of viral diseases of potato]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2016;4(90):24-33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28376320&>

34. Klimenko N. S., Antonova O. Yu., Kostina L. I., Mamadbokirova F. T., Gavrilenco T. A. *Marker-ospore-dovannaya selektsiya otechestvennykh sortov kartofelya s markerami genov ustoychivosti k zolotistoy kartofel'noy nematode (patotip Ro1)*. [Marker-associated selection of Russian potato varieties with using markers of resistance genes to the golden potato cyst nematode (pathotype Ro1)]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2017;178(4):66-75. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-4-66-75>

Сведения об авторах

✉ **Бакулина Анна Владимировна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией молекулярной биологии и селекции, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5171-2476>, e-mail: mol-biol@fanc-sv.ru

Савинцева Лариса Сергеевна, кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и селекции, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7878-4891>

Башлакова Ольга Николаевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник отдела семеноводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9013-1861>

Нина Федоровна Синцова, кандидат с.-х. наук, Фаленская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д. 3, п. Фаленки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: fss.nauka@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5135-9978>

Information about the authors

✉ **Anna V. Bakulina**, PhD in Biological science, senior researcher, Head of the Laboratory of Molecular Biology and Breeding, 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: <https://orcid.org/0000-0002-5171-2476>, e-mail: mol-biol@fanc-sv.ru

Larisa S. Savintseva, PhD in Biological science, researcher, the Laboratory of Molecular Biology and Breeding, 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: <https://orcid.org/0000-0002-7878-4891>

Olga N. Bashlakova, PhD in Agricultural science, researcher, the Seed Production Division, 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: <https://orcid.org/0000-0001-9013-1861>

Nina F. Sintsova, PhD in Agricultural science, Falenki Breeding station – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Timiryazeva str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: fss.nauka@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5135-9978>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Структура семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок в условиях Кировской области

© 2021. Е. В. Попова[✉], Е. Г. Арзамасова, И. В. Шихова

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

В статье представлены результаты изучения (2016-2020 гг.) особенностей роста и развития клевера паннонского сорта Снежок, созданного в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, при использовании травостоя на семена. Проведена оценка разновозрастных травостоя в питомнике размножения посева 2016 г. по показателям зимостойкости, продолжительности отдельных межфазных периодов развития, высоты растений, структуры семенного травостоя, плодоношения и урожайности семян. Перезимовка растений во все годы исследований была высокой – 100 %. С увеличением возраста травостоя отмечено удлинение префлорального (от отрастания до начала цветения) и вегетационного периодов от 47 до 72 и от 92 до 125-130 суток (сут). Высота растений в фазу созревания головок и семян с возрастом травостоя также увеличивалась с 66,6 (1 год пользования (г. п.)) до 97,1 см (4 г. п.), повышалась склонность травостоя к полеганию от 0 (1 г. п.) до 30,9 % (4 г. п.). В первый год семенного использования (2 год жизни (г. ж.)) получены минимальные значения таких показателей структуры, как количество стеблей и головок на 1 м² (245 и 151 шт.), содержание генеративных стеблей в общем количестве (42,8 %), масса семян на 1 м² (15,3 г). Начиная со 2 г. п., перечисленные показатели структуры значительно возросли и ежегодно в течение трёх лет формировались травостоя, позволяющие отнести их к категории высокопродуктивных: с густотой стеблестоя 366-405 шт/м² и долей в них генеративных – 59,0-84,2 %, количеством головок – 350-500 шт/м², массой семян – 31,5-46,1 г/м². Уровень семенной продуктивности клевера паннонского в большей степени зависел от возраста травостоя, чем от погодных условий в период от отрастания до созревания семян. Выявлено, что биологическая (потенциальная) урожайность семян в благоприятные годы при достаточном техническом обеспечении может достигать 4,33 ц/га, тогда как фактическая в среднем за годы исследований составила 0,54 ц/га, с изменениями от 0,20 (2017 г.) до 0,74 ц/га (2020 г.).

Ключевые слова: межфазный период, структура травостоя, накопление надземной массы, урожайность семян, параметры плодоношения

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0098).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Попова Е. В., Арзамасова Е. Г., Шихова И. В. Структура семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):351-359. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.351-359>

Поступила: 25.03.2021 Принята к публикации: 31.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The structure of the seed herbage of the pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) variety Snehok in the conditions of the Kirov region

© 2021. Eugenia V. Popova[✉], Ekaterina G. Arzamasova, Irina V. Shihova

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

The article presents the results of 2016-2020 study of the characteristics of growth and development of the pannonian clover variety Snehok, bred at the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, while using the herbage for seeds. Uneven-aged herbage was assessed in the breeding nursery of 2016 sowing according to the characteristics of winter hardiness, the duration of individual interphase periods of development, plant height, structure of seed herbage, fruiting and seed yield. The overwintering of plants in all the years of research was high – 100%. With an increase in the age of the stand, the prefloral (from growing to the beginning of flowering) and growing seasons from 47 to 72 and from 92 to 125-130 days (days) were lengthened. The height of plants in the phase of maturation of heads and seeds with the age of the stand also increased from 66.6 (1 year of use (y.u.)) to 97.1 cm (4 y.u.), the tendency of herbage to lodging increased from 0 (1 y.u.) to 30.9% (4 y.u.). In the first year of seed use (the 2nd year of life (y.l.)), the minimum values of such structural indicators as the number of stems and heads per 1 m² (245 and 151 pcs.), The content of generative stems in the total amount (42.8%), weight of seeds per 1 m² (15.3 g). Starting from the 2nd y.u. the listed structure indicators significantly increased and herbage stands were formed annually for three years, allowing them to be classified as highly productive: with the stem density of 366-405 pcs / m² and a share of generative ones in them - 59.0-84.2 %, the number of heads - 350 -500 pcs / m², seed weight - 31.5-46.1 g / m². The level of seed produc-

tivity of pannonian clover depended to a greater extent on the age of the stand than on weather conditions during the period from regrowth to seed ripening. It was revealed that the biological (potential) seed yield in favorable years with sufficient technical support can reach 4.33 c/ha, while the actual (economic) average over the years of research was 0.54 c/ha, with changes from 0.20 (2017) up to 0.74 c/ha (2020).

Keywords: interphase period, structure of herbage, accumulation of aboveground mass, seed yield, fruiting parameters

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme № 0528-2019-0098).

Authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this article.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Popova E.V., Arzamasova E.G., Shichova I.V. The structure of the seed herbage of the pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) variety Snejzhok in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East.* 2021;22(3):351-359. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.351-359>

Received: 25.03.2021

Accepted for publication: 31.05.2021

Published online: 23.06.2021

Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – новая кормовая бобовая культура в России, рекомендованная для создания долголетних агроценозов [1]. По ботанической классификации клевер паннонский – многолетний травянистый поликарпик из семейства *Fabaceae*¹. Естественным ареалом произрастания клевера паннонского является территория Западной и Восточной Европы, Балканского полуострова [2, 3, 4].

Впервые о перспективности сельскохозяйственного использования клевера паннонского в нашей стране упоминается в 50-70 гг. XX столетия². В 80-е годы началось его интродукционное изучение в Белоруссии [5], Украине [6], Западной Сибири [7] и на Среднем Урале [8]. В новом тысячелетии благодаря широкой экологической пластиности клевер паннонский успешно интродуцируется в других регионах лесостепной зоны Российской Федерации: Среднем Поволжье [9], Волго-Вятском [10], Северном [11] регионах, Калининградской области [12]. Созданы первые сорта, занесённые в Государственный реестр по испытанию и охране селекционных достижений Российской Федерации, – Премьер (оригинаторы – ФГБНУ СибНИИ кормов и ФГБУН ЦСБС СО РАН, 2010 г.), Аник (ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА, 2012 г.), Снежок (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2019 г.).

Для успешного внедрения в сельскохозяйственное производство новый вид клевера и его сорта должны обеспечивать надёжное воспроизведение и получение достаточного количества семян. По сообщениям одних авторов [9], ввиду таких особенностей культуры, как высокая засухоустойчивость, способность опыления медоносными пчёлами, неполегае-

мость травостоя, семеноводство клевера паннонского более устойчивое по сравнению с клевером луговым и меньше зависит от погодных условий, однако другие исследователи [13] указывают на снижение урожайности семян во влажные сезоны, когда сокращается лёт насекомых-опылителей. По данным наших исследований, метеоусловия тёплого периода значительно влияют на такие показатели плодоношения, как количество цветков в головке, число семян в головке (общее и нормально развитых), обсеменённость соцветия [14]. Поскольку клевер паннонский обладает продуктивным долголетием (10-15 лет), также актуальными для изучения остаются вопросы, связанные с возрастной динамикой семенной продуктивности, более того – в литературе имеются противоречивые сведения по данной проблематике: по одним сведениям наблюдается её снижение с возрастом растений, по другим – достижение максимального значения к пятому-шестому году жизни [8, 14].

Цель исследований – изучить параметры семенного травостоя и определить уровень продуктивности клевера паннонского сорта Снежок в условиях Кировской области.

Материал и методы. Объект изучения – сорт клевера паннонского Снежок селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Обладает такими достоинствами, как высокая засухоустойчивость и зимостойкость, раннеспелость, продуктивное долголетие при использовании посева на корм и семена, устойчивость травостоя к полеганию, пригодность к механизированной уборке, слабая восприимчивость к болезням и вредителям, высокая декоративность в фазу цветения [15].

¹Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос, 1971. 663 с.

²Ларин И. В., Агабабян Ш. М., Работнов Т. А. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М., Л.: Сельхозгиз, 1951. Т. 2. 688 с.

Исследования проведены в питомнике размножения (посев 2016 г., учёты 2016-2020 гг.) на опытном участке лаборатории селекции

и первичного семеноводства многолетних трав экспериментального поля ФАНЦ Северо-Востока (рис. 1).



Рис. 1. Травостой клевера паннонского сорта Снежок (*Trifolium pannonicum* Jacq.), питомник размножения (посев 2016 г., третий год жизни) /

Fig. 1. Grass stand of pannonian clover variety Snejzhok (*Trifolium pannonicum* Jacq.), breeding nursery (sowing in 2016, third year of life)

Посев весенний (13 мая) беспокровный, рядовой, с нормой высева 2 млн всхожих семян на 1 га. Площадь – 0,44 га. Уборка семенных травостояев первого-четвёртого лет пользования (2017-2020 гг.) проведена напрямую селекционным комбайном.

Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Агрохимические показатели пахотного слоя: низкое содержание гумуса – 2,38 % (по Тюрину), высокая обеспеченность P_2O_5 – 160 мг/кг и средняя – K_2O – 114 мг/кг (по Кирсанову); высокая кислотность почвенного раствора pH_{KCl} – 4,12.

Наблюдения, оценки и учёты (2016-2020 гг.) выполнены в соответствии с общепринятыми методиками³. Густоту стояния растений определяли подсчётом их количества в выкопанных монолитах. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований – методом дисперсионного анализа с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS v. 2.07 и программы Microsoft Office Excel 2010.

Условия для перезимовки растений были хорошиими в осенне-зимний период 2016-2017 гг. и удовлетворительными в 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020 гг. Метеорологические условия вегетационных периодов 2017-2020 гг.

различались по тепло- и влагообеспеченности, что позволило выявить реакцию сорта на условия произрастания.

Префлоральный период 2017 г. отличался аномально холодной (среднесуточные температуры воздуха – 8,9 °C) погодой, с длительными майскими заморозками (от -1,0 до -4,0 °C) и избыточным количеством осадков (264,8 мм). Продолжительные холода сдерживали развитие растений клевера паннонского. В 2018 г. формирование вегетативной массы до фазы цветения проходило на фоне нестабильной, но более тёплой (13,0 °C) погоды, с близким к нормальному распределению осадков (120,1 мм). В 2019 г. наблюдалась прохладная погода (среднесуточные температуры воздуха – 11,9 °C) с частым выпадением росы и дождей (138,7 мм). Отмечены кратковременные майские и июньские заморозки (от -0,5 до -3,0 °C), которые не повлияли на рост и развитие растений. Наоборот, условия 2019 г. благоприятно отразились на формировании травостоя, так же, как и в 2020 г., когда первая половина периода протекала при повышенных температурах (на 5-10 °C выше климатической нормы) и избытке осадков (165 % нормы), вторая – при заниженных температурах (на 0,8-2,2 °C ниже климатической нормы) и дефиците осадков (57 % нормы).

³ Широкий унифицированный классификатор рода *Trifolium* L. Л.: ВИР, 1983. 32 с.; Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 269 с.; Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. М.: ВНИИК, 2002. 72 с.; Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Метеорологические условия (2017, 2018, 2020 гг.) в фазу массового цветения травостоев характеризовались тёплой, временами жаркой погодой со среднесуточными температурами воздуха – 19,1; 20,5 и 19,6 °C и количеством выпавших осадков – 106,8; 110,0 и 147,0 мм; в 2020 г. в середине фазы цветения визуально наблюдалось снижение лёта насекомых-опылителей. В 2019 г. цветение травостоев совпало с похолоданием (среднесуточная температура воздуха составила 15,9 °C), которое продлилось до начала созревания головок и семян, выпало незначительное количество осадков – 33,8 мм.

Созревание травостоев 1 и 2 г. п. проходило в условиях тёплой погоды (17,4 и 18,2 °C) с большим количеством осадков в первой половине (159 мм, или 189 % нормы) и дефицитом во второй половине периода (39 мм, или 55 % нормы) в 2017 г., недостаточным увлажнением (54,0 мм) в 2018 г. В 3 и 4 г. п. в этот период наблюдалась неустойчивая по температурному режиму погода (14,8 и 14,4 °C) с частыми и несильными осадками (119,1 мм) в 2019 г., редкими и обильными (50,0 мм) – в 2020 г.

Результаты и их обсуждение. В год посева (1 г. ж.) массовые всходы клевера

паннонского появились на 24 сут (6 июня). Развитие растений происходило по озимому типу (фаза прикорневой розетки). Плотность стояния растений во 2 г. ж. составила в среднем 70 шт/м². На 3 г. ж. отмечено её снижение вследствие естественной саморегуляции до 58,4 шт/м². В дальнейшем плотность посева оставалась стабильной – на уровне 60,7 (4 г. ж.) и 59,5 шт/м² (5 г. ж.). Зимостойкость растений во все годы исследований была очень высокой и составила 100 %.

Клевер паннонский – частично зимнезелёное растение, зимуют 2-3 последних осенних листа, что позволяет начать вегетацию сразу после схода снежного покрова [1]. В условиях влажных и холодных весен 2017 и 2018 гг. наблюдалось более позднее отрастание травостоев (первая декада мая), тёплых и сухих в 2019 и 2020 гг. – раннее (третья декада апреля). Наиболее продолжительным в сезонном развитии клевера паннонского был период от отрастания до начала цветения, в среднем 60 сут. Он удлинялся с увеличением возраста травостоя от 47 (2 г. ж.) до 72 сут (5 г. ж.) (рис. 2).

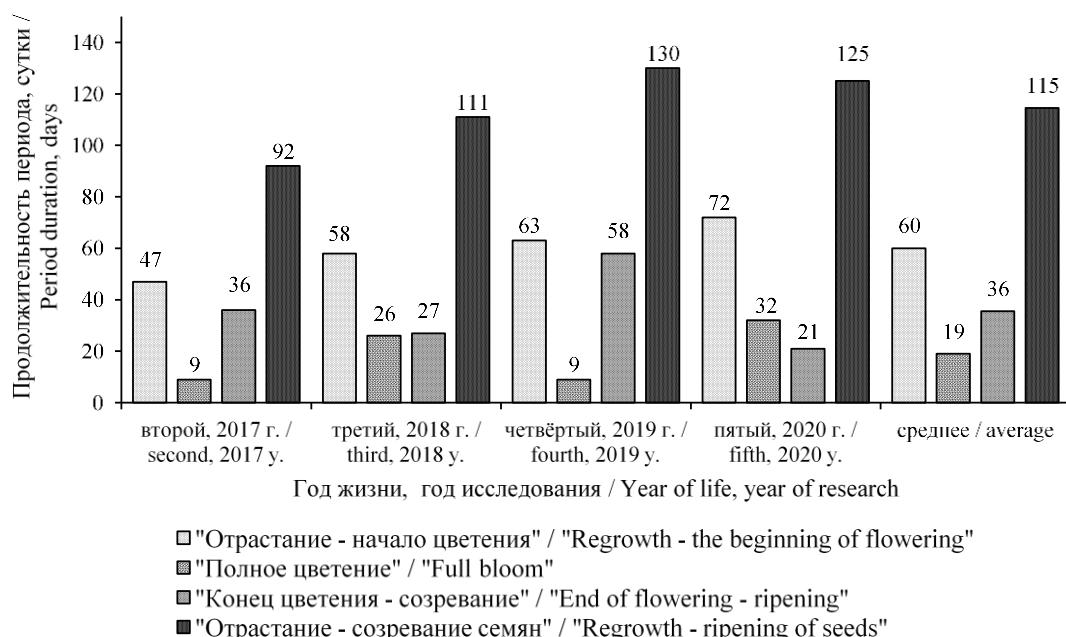


Рис. 2. Межфазные периоды развития растений клевера паннонского сорта Снежок /
Fig. 2. Interphase periods of development of pannonian clover plants of the variety Snezhok

Самое раннее начало цветения травостоя (24 июня) отмечено в 2019 г. (4 г. ж.) при резкой смене тёплой и влажной погоды в первой половине месяца на прохладную и очень сухую, наиболее позднее (22 июля) – в 2017 г. (2 г. ж.), когда продолжительные холода сильно сдерживали развитие растений клевера пан-

нонского. В эти годы период массового цветения был очень коротким и составил 9 сут. В благоприятные 2018 и 2020 гг. (3 и 5 г. ж.) цветение травостоев наступило 1 и 2 июля и продолжалось 26 и 32 сут. В 2017 г. из-за нетипичности погодных условий весенне-летнего сезона (см. метеоусловия) травостои

достили уборочной спелости поздно – 5 сентября, в остальные годы исследований календарные сроки были сближены – 23 (2018 г.), 24 (2020 г.) и 30 августа (2019 г.). По данным наших исследований, в условиях Кировской области отмечена тенденция увеличения продолжительности периода от отрастания до созревания семян клевера паннонского Снежок с увеличением возраста травостоев с 92 (2 г. ж.) до 130 и 125 сут (4 и 5 г. ж.).

В начале жизненного цикла надземная масса у клевера паннонского незначительная. В первые два года жизни интенсивно формируется корневая система, которая служит не только для питания растения, но и в качестве

запасного органа. По данным Р. И. Багаутдиновой, у 2-летних растений клевера паннонского в корне поступает 20 % ассимилятов, тогда как у клевера лугового – только 3 %. Хорошо сформированная корневая система обеспечивает долголетие вида [16].

В наших исследованиях слаборазвитый травостой 1 г. п. в начале цветения достигал высоты 49,0 см. Накопление надземной массы было низким и составило 1,18 кг/м² зелёной массы и 0,17 кг/м² сухого вещества. Начиная со 2 г. п., значения показателей высоты растений, сбора зелёной массы и сухого вещества возрастили (табл. 1).

Таблица 1 – Накопление надземной массы клевера паннонского сорта Снежок к фазе «цветение» (посев 2016 г.) /

Table 1 – Accumulation of aboveground mass of the pannonian clover variety Snezhok by the «flowering» phase (sowing in 2016)

Год пользования / Year of use	Высота растений, см / Height of plants, cm	Облистен- ность, % / Leafiness, %	Зелёная масса / Green weight	Сухое вещество / Dry substance
			кг/м ² / kg/m ²	кг/м ² / kg/m ²
Первый / First	49,0	54,6	1,18	0,17
Второй / Second	71,9	54,5	3,75	0,50
Третий / Third	90,8	53,0	7,16	0,96
Четвёртый / Fourth	89,8	54,9	5,65	1,08
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	4,2	-	1,14	0,27

Следует отметить, что высота, облистенность растений, сбор зелёной и сухой массы изменились под влиянием складывающихся условий года исследования с достоверно положительной динамикой к 3 г. п. В 2019 г. (3 г. п.) частое выпадение осадков и росы (травостой постоянно находился во влажном состоянии) спровоцировали интенсивный линейный рост побегов и накопление в ней влаги, в результате чего высота растений и накопление зелёной массы в этот год были максимальными; при этом наблюдалось снижение облистенности растений на 1,5-1,9 % в сравнении с показателями в другие годы исследований на уровне 54,5-54,9 %.

С возрастом травостоя высота растений в фазу созревания головок и семян увеличилась с 66,6 (1 г. п.) до 97,1 см (4 г. п.), при этом повысилась склонность травостоев к полеганию до 30,9 % (4 г. п.).

К уборке на семена в травостое 1 г. п. получены минимальные значения таких показателей структуры, как количество стеблей и головок на 1 м², содержание генеративных стеблей в общем количестве, масса семян на 1 м². Несмотря на то что насчитывалась

всего 151 головка, большинство из них были полностью вызревшими (92,1 %) со 100 % содержанием кондиционных семян (табл. 2).

Начиная со второго и в последующие годы пользования, количество стеблей, головок и масса семян на 1 м² значительно возросло в сравнении с уровнем 1 г. п. Были сформированы травостои с показателями структуры, позволяющими отнести их к категории высокопродуктивных.

Густота стеблестоя варьировала от 366 (2 г. п.) до 405 шт/м² (3 г. п.), количество головок – от 350 (2 г. п.) до 500 шт./м² (3 г. п.), масса семян – от 31,5 (4 г. п.) до 46,1 г/м² (3 г. п.). В 3 г. п. было сформировано максимальное количество стеблей и головок на 1 м² с высоким содержанием в них генеративных побегов, но с низким – зрелых головок. Несмотря на то что семенная продуктивность в этот год была самой высокой (46,1 г/м²), доля полноценных семян была минимальной (93,9 %).

Оценка показателей плодоношения определяет возможность семенного размножения вида, а также позволяет установить, за счёт каких показателей формируется уровень семенной продуктивности.

Таблица 2 – Структура семенного травостоя клевера паннонского сорта Снежок (посев 2016 г.) /
Table 2 – The structure of the seed herbage of the pannonian clover variety Snejzhok (sowing in 2016)

Год пользования / Year of use	Количество, шт/м ² / Number, pcs/m ²		Масса семян, г/м ² / Weight seeds, g/m ²	Долевое участие в общем количестве, % / Equity participation in the total amount, %		
	стеблей / stems	головок / heads		генеративных стеблей / generative stems	зрелых головок / mature heads	полноценных семян / high- grade seeds
Первый / First	245	151	15,3	42,8	92,1	100,0
Второй / Second	366	350	42,4	59,0	86,9	96,2
Третий / Third	405	500	46,1	84,2	79,2	93,9
Четвёртый / Fourth	396	409	31,5	78,5	91,2	96,8
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	100	182	19,0	19,1	4,0	1,5

Исследования показали, что при вступлении в плодоношение клевера паннонского в 1 г. п. были сформированы головки с минимальными морфометрическими показателями: длиной – $4,02 \pm 0,11$ см, шириной – $2,04 \pm 0,03$ см,

количеством цветков в соцветии – $81,0 \pm 2,6$ шт. К 4 г. п. наблюдалось удлинение соцветий до $4,96 \pm 0,22$ см и увеличение в них количества цветков до $162,4 \pm 15,7$ шт. (табл. 3).

Таблица 3 – Морфометрические показатели плодоношения клевера паннонского сорта Снежок (посев 2016 г.) /
Table 3 – Morphometric indicators of fruiting of the pannonian clover variety Snejzhok (sowing in 2016)

Год пользования / Year of use	Показатель соцветия / Indicator of inflorescence (n = 25)			Количество семян, шт/гол. / Number of seeds, pcs/head (n = 25)		Завязываемость семян в головках, % / Stickiness of seeds in heads, % (n = 25)	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g (n = 4)
	длина, см / length, cm	ширина, см / width, cm	количество цветков, шт/гол. / number of flowers, pcs / head	завязавшихся / stuck	полноценных / fullfledged		
Первый / First	$4,02 \pm 0,11$	$2,04 \pm 0,03$	$81,0 \pm 2,6$	$27,5 \pm 2,0$	$27,5 \pm 2,0$	$34,0 \pm 1,5$	$4,1 \pm 0,00$
Второй / Second	$4,07 \pm 0,21$	$2,06 \pm 0,05$	$95,6 \pm 6,9$	$65,7 \pm 6,9$	$64,0 \pm 7,2$	$68,7 \pm 5,1$	$4,2 \pm 0,01$
Третий / Third	$4,15 \pm 0,13$	$1,99 \pm 0,04$	$102,9 \pm 4,4$	$74,7 \pm 4,4$	$72,9 \pm 4,6$	$72,6 \pm 4,7$	$3,7 \pm 0,00$
Четвёртый / Fourth	$4,96 \pm 0,22$	$2,34 \pm 0,06$	$162,4 \pm 15,7$	$52,6 \pm 5,3$	$49,1 \pm 5,4$	$32,4 \pm 5,4$	$4,2 \pm 0,00$

* средние арифметические значения величин с указанием стандартной ошибки среднего /

* mean arithmetic values with indication of the standard error of the mean

Клевер паннонский – облигатный энтомофил, опыляемый шмелями и медоносными пчёлами, от их количества зависит число завязавшихся семян [9, 14].

Низкая завязываемость семян в головках и минимальное количество завязавшихся/полноценных семян отмечены в 1 г. п., при вступлении клевера паннонского в плодоношение, и в 4 г. п., когда в фазу цветения травостоя наблюдали снижение лёта насекомых-опылителей. Наибольшая завязываемость семян, количество завязавшихся и полноценных зафиксированы в 3 г. п. – $72,6 \pm 4,7$ %;

$74,7 \pm 4,4$ и $72,9 \pm 4,6$ шт/гол. В большинстве лет исследований были сформированы крупные семена с массой 1000 шт. – $4,1$ – $4,2$ г. В 2019 г. (3 г. п.), несмотря на получение большого количества, семена были мельче обычного с массой 1000 шт. – $3,7$ г.

Клевер паннонский в силу своих биологических особенностей, таких как высокая зимо- и засухоустойчивость, долголетность, хорошая посещаемость насекомыми-опылителями, большая масса 1000 семян, характеризуется стабильной по годам семенной продуктивностью, что подтверждается рядом авторов [1, 9, 15].

В наших исследованиях вариабельность биологической и фактической семенной продуктивности была близка по значениям и составляла 39,2 и 41,7 %. Несмотря на незначительные изменения по годам исследований, урожайность семян клевера паннонского подвержена влиянию как возраста травостоя, так и погодных условий вегетационного периода.

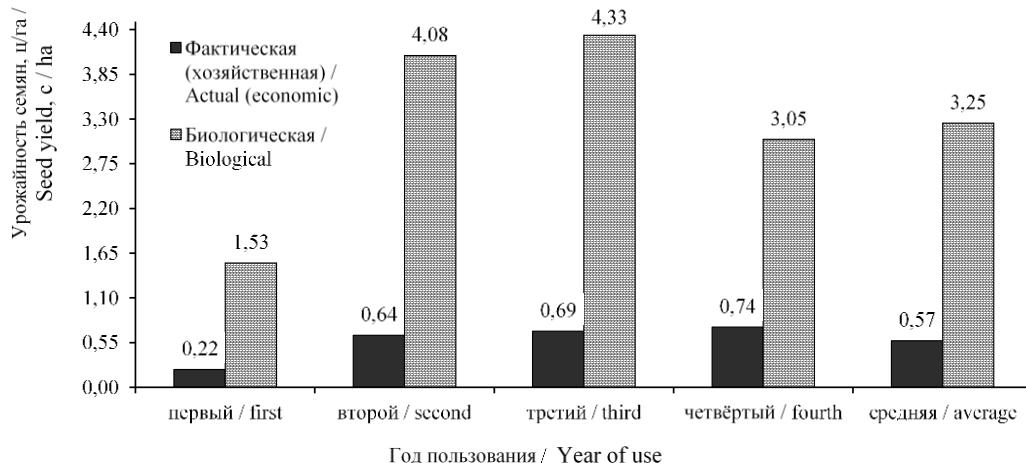


Рис. 3. Урожайность семян клевера паннонского сорта Снежок (*Trifolium pannonicum* Jacq.), питомник размножения (посев 2016 г.)

Fig. 3. The yield of seeds of the pannonic clover variety Snezhok (*Trifolium pannonicum* Jacq.), breeding nursery (sowing in 2016)

Фактическая (хозяйственная) урожайность семян была на 82,5 % ниже биологической и составляла в среднем 0,57 ц/га, с повышением уровня от 0,22 в 1 г. п. до 0,74 ц/га в 4 г. п.

Заключение. В условиях Кировской области при семенном использовании однократного посева (2016 г.) клевера паннонского сорта Снежок в течение четырёх лет была проведена оценка основных морфобиологических показателей в зависимости от возраста травостоя и условий года исследования.

Зимостойкость растений во все годы была очень высокой (100 %) вне зависимости от условий осенне-зимних периодов, тогда как на отрастание травостоев погода оказывала значительное влияние: в условиях влажных и холодных весен 2017 и 2018 гг. наблюдалось более позднее отрастание (первая декада мая), тёплых и сухих в 2019 и 2020 гг. – раннее (третья декада апреля). Продолжительность межфазного периода «отрастание-начало цветения» составляла в среднем 60 сут, цветения – 19, созревания – 36 сут; вегетационного периода – 115 сут. Отмечено, что с увеличением возраста травостоя (со 2 по 4-5 г. ж.) происходило удлинение как префлорального (с 47 до 72 сут), так и вегетационного периодов (с 92 до 130 сут).

На формирование высокопродуктивных семенных травостоев значимое влияние

Биологическая (потенциальная) урожайность семян – очень высокая. По данным наших исследований, использование однократного посева, при достаточном техническом обеспечении, в течение 4 лет даёт возможность получения в среднем 3,25 ц/га семян, с увеличением к 3 г. п. до 4,33 ц/га (рис. 3).

оказывал их возраст. Травостой 1 г. п. был слабо развит, характеризовался минимальными значениями показателей структуры и плодоношения. Начиная со второго и в последующие годы пользования были сформированы травостои, позволяющие отнести их к категории высокопродуктивных: с густотой стеблестоя 366-405 шт/м² и долей в них генеративных – 59,0-84,2 %, количеством головок – 350-500 шт/м², массой семян – 31,5-46,1 г/м². Формировались более крупные головки с длиной от 4,07 до 4,96 см и количеством цветков от 95,6 до 162,4 шт. Количество семян в головках, завязываемость и масса 1000 семян зависели от условий года исследования и лёта насекомых-опылителей.

Фактическая урожайность семян клевера паннонского Снежок составила в среднем за годы исследований 0,57 ц/га и варьировалась от 0,22 (1 г. п.) до 0,74 ц/га (4 г. п.). Биологическая (потенциальная) урожайность семян в 5,7 раз выше – 3,25 ц/га, отмечено её ежегодное повышение с 1,53 ц/га (1 г. п.) до 4,33 ц/га (3 г. п.), что свидетельствует о высокой адаптационной способности клевера, возможности успешного ведения семеноводства сорта Снежок при условии достаточного технического обеспечения и широкого его внедрения в сельскохозяйственное производство Кировской области.

Список литературы

1. Нечаева Т. В., Якутина О. П., Боголюбова Е. В. Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – перспективная кормовая культура и фитомелиорант (литературный обзор). Почвы и окружающая среда. 2020;3(1):20. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.115>
2. Pederson G. A., Quesenberry K. H., Smith G. R., Guteva Y. K. Collection of *Trifolium* sp. and other forage legumes in Bulgaria. Genetic Resources and Crop Evolution. 1999;46:325-330. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008796325591>
3. Scoppola A., López Tirado J., Manzano Gutiérrez F., Magrini S. The genus *Trifolium* (Fabaceae) in south Europe: a critical review on species richness and distribution. Nordic journal of botany. 2018;36(1-2):njb-01723. DOI: <https://doi.org/10.1111/njb.01723>
4. Vymyslicky T. Breeding of minor fodder crops for sustainable agriculture. Ratarstvo i Povrtarstvo. 2014;51(1):1-6. URL: <https://ifvcns.rs/elektronska-biblioteka/ratarpovrt/2014-vol-51/issue-1/>
5. Кудинов М. А., Кухарева Л. В. Новые высокобелковые кормовые растения в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1985. 61 с.
6. Купенко Н. П., Остапко И. Н. Интродукция клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в Донецкий ботанический сад. Материалы VIII Всерос. симпоз. по новым кормовым растениям. Сыктывкар, 1993. С. 92-93.
7. Кузнецова Г. В., Пленник Р. Я., Рябой Ю. С. Интродукция клевера паннонского в лесостепи Западной Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1986;(6):42-45.
8. Ильина Е. А. Рост, развитие и продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) как показатель успешной интродукции на Среднем Урале. Онтогенез травянистых поликарпических растений. Свердловск, 1986. С. 15-170.
9. Кшникаткина А. Н. Некоторые итоги изучения клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) при интродукции в Среднем Поволжье. Нива Поволжья. 2009;(3):70-79.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12805451>
10. Арзамасова Е. Г., Грипаль М. Н., Попова Е. В. Клевер паннонский – перспективная бобовая культура для Кировской области. Актуальные проблемы селекции и технологии возделывания полевых культур: мат-лы II Всерос. науч.-прак. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения проф., доктора с.-х. наук, засл. деятеля науки РФ С. Ф. Тихвинского, 22 ноября 2017 г. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2017. С. 14-17.
11. Шаманин А. А., Попова Л. А., Гинтов В. В. Малораспространенные кормовые культуры для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях северного региона России. Аграрный вестник Урала. 2019;183(4):40-47. DOI: https://doi.org/10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392
12. Краснопёров А. Г., Буянкин Н. И., Чекстор Н. Ю. Новый вид клевера (*Trifolium pannonicum* Jacq.) для кормопроизводства Калининградской области. Кормопроизводство. 2018;(7):25-30.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35234626>
13. Боголюбова Е. В., Агаркова З. В. Сорт клевера паннонского Премьер. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014;(2):26-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21533701>
14. Попова Е. В., Грипаль М. Н., Арзамасова Е. Г. Изучение параметров семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) Снежок при долголетнем использовании посева в условиях Кировской области. Адаптивное кормопроизводство. 2019;(4):15-26. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-15-26>
15. Грипаль М. Н., Арзамасова Е. Г., Попова Е. В., Онучина О. Л. Новые сорта клевера вятской селекции. Адаптивное кормопроизводство. 2018;(3):34-44.
Режим доступа: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1809.pdf>
16. Багаутдинова Р. И. Фотосинтез, рост и продуктивность клевера паннонского разных лет жизни. Рост, развитие и продуктивность травянистых кормовых растений. Свердловск, 1987. С.105-112.

References

1. Nechaeva T. V., Yakutina O. P., Bogolyubova E. V. *Klever pannonskiy* (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – perspektivnaya kormovaya kul'tura i fitomeliorant (literaturnyy obzor). [Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) - perspective forage crop and phytomeliorant (literary review)]. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* = The Journal of Soils and Environment. 2020;3(1):20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.115>
2. Pederson G. A., Quesenberry K. H., Smith G. R., Guteva Y. K. Collection of *Trifolium* sp. and other forage legumes in Bulgaria. Genetic Resources and Crop Evolution. 1999;46:325-330. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008796325591>
3. Scoppola A., López Tirado J., Manzano Gutiérrez F., Magrini S. The genus *Trifolium* (Fabaceae) in south Europe: a critical review on species richness and distribution. Nordic journal of botany. 2018;36(1-2):njb-01723. DOI: <https://doi.org/10.1111/njb.01723>
4. Vymyslicky T. Breeding of minor fodder crops for sustainable agriculture. Ratarstvo i Povrtarstvo. 2014;51(1):1-6. URL: <https://ifvcns.rs/elektronska-biblioteka/ratarpovrt/2014-vol-51/issue-1/>
5. Kudinov M. A., Kukhareva L. V. *Novye vysokobelkovye kormovye rasteniya v Belorussii*. [New high-protein forage plants in Belarus]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1985. 61 p.
6. Kupenko N. P., Ostapko I. N. *Introduksiya klevera pannonskogo* (*Trifolium pannonicum* Jacq.) v Donetskiy botanicheskiy sad. [Introduction of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) to the Donetsk Botanical Garden.]. Materialy VIII Vseros. simpoz. po novym kormovym rasteniyam. [Proceedings of the VIII All-Russian symposium on new forage plants]. Syktyvkar, 1993. pp. 92-93.

7. Kuznetsova G. V., Plennik R. Ya., Ryaboy Yu. S. *Introduktsiya klevera pannonskogo v lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [Introduction of Pannonian clover in the forest-steppe of Western Siberia]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 1986;(6):42-45. (In Russ.).
8. Il'ina E. A. *Rost, razvitiye i produktivnost' klevera pannonskogo (Trifolium pannonicum Jacq.) kak pokazatel' uspeshnoy introduktsii na Srednem Urale*. [Growth, development and productivity of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) as an indicator of successful introduction in the Middle Urals]. *Ontogeneticheskikh rasteniy*. [Ontogenesis of herbaceous polycarpic plants]. Sverdlovsk, 1986. pp. 15-170.
9. Kshnikatkina A. N. *Nekotorye itogi izucheniya klevera pannonskogo (Trifolium pannonicum Jacq.) pri introduktsii v Srednem Povolzh'e*. [Some results of the study of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) during introduction in the Middle Volga region]. *Niva Povolzh'ya* = Volga Region Farmland. 2009;(3):70-79. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12805451>
10. Arzamasova E. G., Gripas' M. N., Popova E. V. *Klever pannonskiy – perspektivnaya bobovaya kul'tura dlya Kirovskoy oblasti*. [Pannonian clover is a promising legume crop for the Kirov region]. *Aktual'nye problemy selektsii i tekhnologii vozdeleyaniya polevykh kul'tur: mat-ly II Vseros. nauch.-prak. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 85-letiyu so dnya rozhdeniya prof., doktora s.-kh. nauk, zasl. deyatelya nauki RF S. F. Tikhvinskogo, 22 noyabrya 2017 g.* [Actual problems of selection and technology of cultivation of field crops: Proceedings of the 2nd All-Russian scientific and practical conf. with international participation, dedicated to the 85th anniversary of professor, Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation S. F. Tikhvinsky, November 22, 2017]. Kirov: FGBOU VO Vyatskaya GSKhA, 2017. pp. 14-17.
11. Shamanin A. A., Popova L. A., Gintov V. V. *Malorasprostrannyye kormovye kul'tury dlya formirovaniya vysokokachestvennykh kormovykh agrotsenozov v usloviyakh severnogo regiona Rossii*. [Using the less widespread feed crops for forming a high quality feed agrophytocenosis in conditions of the northern region of Russia]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;183(4):40-47. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392
12. Krasnoperov A. G., Buyankin N. I., Chekster N. Yu. *Novyy vid klevera (Trifolium pannonicum Jacq.) dlya kormoproizvodstva Kaliningradskoy oblasti*. [New clover species (*Trifolium pannonicum* Jacq.) for feed production in the Kaliningrad region]. *Kormoprovodstvo* = Forage Production. 2018;(7):25-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35234626>
13. Bogolyubova E. V., Agarkova Z. V. *Sort klevera pannonskogo Prem'er*. [Premier cultivar of hungarian clover]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2014;(2):26-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21533701>
14. Popova E. V., Gripas' M. N., Arzamasova E. G. *Izuchenie parametrov semennogo travostoya klevera pannonskogo (Trifolium pannonicum Jacq.) Snezhok pri dolgoletnem ispol'zovanii poseva v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Studying parameters of seed grass stand of pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) variety 'Snezhok' at long-term use of sowing in the conditions of the Kirov region]. *Adaptivnoe kormoprovodstvo* = Adaptive fodder production. 2019;(4):15-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-15-26>
15. Gripas' M. N., Arzamasova E. G., Popova E. V., Onuchina O. L. *Novye sorta klevera vyatskoy selektsii*. [New clover varieties of Vyatka breeding]. *Adaptivnoe kormoprovodstvo* = Adaptive fodder production. 2018;(3):34-44. (In Russ.). URL: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1809.pdf>
16. Bagautdinova R. I. *Fotosintez, rost i produktivnost' klevera pannonskogo raznykh let zhizni*. [Photosynthesis, growth and productivity of Pannonian clover in different years of life]. *Rost, razvitiye i produktivnost' travyanistykh kormovykh rasteniy*. [Growth, development and productivity of herbaceous forage plants]. Sverdlovsk, 1987. pp.105-112.

Сведения об авторах

✉ **Попова Евгения Валериевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав, 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: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>, e-mail: travy@fanc-sv.ru

Арзамасова Екатерина Геннадьевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и первичного семеноводства многолетних трав, 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: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

Шихова Ирина Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и селекции, 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

Information about the authors

✉ **Eugenia V. Popova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, 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: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>, e-mail: travy@fanc-sv.ru

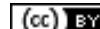
Ekaterina G. Arzamasova, PhD in Agricultural sciences, senior researcher, Head of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

Irina V. Shihova, junior researcher, the Laboratory of Molecular Biology and Breeding, 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

✉ – Для контактов / Corresponding author

КОРМОПРОИЗВОДСТВО / FODDER PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>



УДК 636.085

Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них

© 2021. В. М. Косолапов[✉], Х. К. Худякова

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, Московская область, Российская Федерация

Целью настоящих исследований является оценка уровня теплового повреждения путем определения содержания нерастворимого в кислотном детергенте протеина (КДНП) в многолетних злаковых кормовых травах (костреце безостом, овсянице луговой, тимофеевке луговой) в зависимости от фазы их вегетации (начало выхода в трубку, колошение и цветение), а также в приготовленных из них в те же фазы силюсе и сенаже. Пробы для анализов высушивали при температуре 60-65 °С. Азот КДНП определяли в остатке кислотно-детергентной клетчатки (КДК), полученном фильтрованием раствора кислотного детергента через бумажный фильтр. По мере роста трав наблюдается увеличение содержания КДК в них, что сопровождается также повышением и КДНП в тимофеевке луговой и особенно в овсянице луговой, которая характеризовалась более высокими темпами накопления КДК. В костреце безостом возрастание КДК не привело к повышению концентрации КДНП в траве в связи со снижением его доли в КДК. Содержание КДНП в зеленой траве составило от 0,85 до 1,58 % в сухом веществе, а КДК – от 27,0 до 45,8 %, корреляция между ними не обнаружена. Консервирование трав во все фазы их роста вызвало увеличение содержания КДК по сравнению с исходной травой, но при этом массовая доля КДНП в сухом веществе силюса и сенажа была не больше, чем в исходной траве, что обусловлено более низкой массовой долей КДНП в КДК по сравнению с травами. В связи с этим отмечается, что при соблюдении технологии заготовки силюса и сенажа не наблюдается повышения уровня теплового повреждения этих кормов. Обнаружена тесная обратная зависимость доли КДНП в сырье протеине (СП) от содержания последнего. Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92 для трав, силюса и сенажа соответственно. Наименьший процент КДНП в СП отмечен в раннюю фазу роста трав. В связи с этим отмечается необходимость их уборки в более ранние фазы роста, так как по мере их роста снижается содержание СП и повышается доля в нем неусвояемого протеина. При наличии органолептических признаков теплового повреждения кормов, которые приведены в статье, рекомендуется вносить поправку на содержание СП на основании результата анализа на КДНП.

Ключевые слова: многолетние злаковые кормовые травы, фазы роста, силюс, сенаж, кислотно-детергентная клетчатка, сырой протеин, кислотно-детергентный нерастворимый протеин (КДНП)

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (тема №0597-2019-0026).

Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Косолапов В. М., Худякова Х. М. Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):360-366. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>

Поступила: 07.04.2021 Принята к публикации: 24.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them

© 2021. Vladimir M. Kosolapov[✉], Hatima K. Khudyakova

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russian Federation

*The purpose of this research is to assess the level of thermal damage by determining the content of acid detergent insoluble crude protein (ADICP) in perennial cereal forage grasses *Bromus inermis*, *Festuca pratensis*, *Phleum*, depending on the phase of their vegetation (at the beginning of shooting, during the earing and flowering phases), as well as in silage and haylage prepared from them during the same phases. Samples for analyzes were dried at the temperature of 60-65 °C. Nitrogen of ADICP was determined in the residue of ADF (acid detergent fiber) obtained by filtering a solution of acid detergent through a paper filter. With the growth of grasses, an increase in the content of ADF in them was observed, followed by an increase in ADICP in *Phleum* and especially in *Festuca pratensis* which was characterized by higher rates of ADF*

accumulation. In Bromus inermis, the increase in ADF did not lead to an increase in the concentration of ADICP in the grass due to a decrease of its portion in ADF. The content of ADICP in green grass ranged from 0.85 to 1.58 % in dry matter, ADF – from 27.0 to 45.8 %, no correlation was found between them. Conservation of grasses in all phases of their growth caused an increase in the content of ADF compared to the original grass, but the mass fraction of ADICP in the dry matter of silage and haylage was not higher than in the original grass, due to a lower mass fraction of ADICP in the ADF compared to grasses. In this regard, it is noted that if the technology of harvesting silage and haylage is observed, there is no increase in the level of thermal damage to these feeds. In this regard, it is noted, that when the preparation of silage and haylage is carried out according to the required technology, there is no increase in the level of thermal damage to these feeds. There is close correlation between the percentage of ADICP in CP (crude protein) and the contents of CP. The correlation coefficients were -0.83; -0.88 and -0.92 for grasses, silage and haylage, respectively. The lowest percentage of ADICP in CP was observed in the early phases of grass growth. In this regard, there is a need to harvest them in earlier growth phases, since the content of CP decreases with growth and the proportion of indigestible protein in it increases. If there are organoleptic signs of thermal damage to feeds given in the article, it is recommended to make an amendment to CP content on the basis of the result of the analysis for the content of ADICP.

Keywords: *perennial fodder grasses, phase of growth, silage, haylage, acid detergent fiber, crude protein, acid detergent insoluble protein (ADICP)*

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (No. 0597-2019-0026).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kosolapov V. M., Khudyakova H. K. Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):360-366. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.360-366>

Received: 07.04.2021

Accepted for publication: 24.05.2021

Published online: 23.06.2021

После разработки детергентной схемы анализа структурных углеводов кормов P. J. Van Soest установил, что пробы, высушенные при высокой температуре, содержат больше клетчатки, и содержащийся в ней азот не удаляется раствором детергента или пепсином [1]. Образование таких соединений азота назвали тепловым повреждением. В связи с этим он предложил использовать кислотный детергент для определения степени теплового повреждения.

Под тепловым повреждением кормов имеется в виду образование темноокрашенного нерастворимого соединения в результате связи протеина с веществами стенок растительных клеток, как лигнин и танин, и неэнзиматической реакции Майларда, заключающейся в конденсации продуктов разложения углеводов с белком и аминокислотами. Условия для теплового повреждения создаются при перегреве органических веществ и наличии влаги. Наиболее доступным способом определения степени теплового повреждения является анализ на содержание азота в кислотно-детергентной клетчатке – КДК (КДН). Путем умножения содержания азота, нерастворимого в кислотном детергенте (КДН), на коэффициент 6,25 получают сырой протеин, нерастворимый в кислотном детергенте (КДНП). Его выражают в расчете на сухое вещество корма. Часто используется также такой показатель, как доля КДНП в сыром протеине (СП) корма.

Интерес к содержанию КДНП вызван тем, что он является недоступным для животных и вызывает снижение переваримости СП. Установлено, что концентрация КДНП, выраженная в процентах от СП, тесно коррелирует с переваримостью сырого протеина травянистых кормов [2, 3]. Эта зависимость использована для определения истинной переваримости СП при разработке модели определения суммы переваримых питательных веществ (СППВ) кормов [3]. Раньше в основном обращали внимание на снижение качества СП при тепловом повреждении, но выяснилось, что оно оказывает не менее, а даже более нежелательное влияние на энергетическую ценность корма. В сене из смеси люцерны с ежой сборной даже при его незначительном самоизвольном согревании концентрация углеводов, растворимых в нейтральном детергенте, снизилась на 25 %, увеличилось содержание нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) на 11 % [4]. Это привело к снижению суммы переваримых питательных веществ на 13 % [5]. Содержание обменной энергии в поврежденном теплом сене снизилось на 16 % [7]. Степень теплового повреждения сена повышается по мере увеличения суммы ежедневных температур выше 30 °C и роста температуры внутри тюка сена до максимального значения [4, 5, 6].

Тепловое повреждение зачастую возникает при наличии соответствующих условий, как перегрев при наличии влаги. Например, при укладывании сена в стог или рулоны с влажностью более 20 %. При высоком содержании влаги выделяется тепло в результате роста плесени, и при этом температура корма может подняться до уровня, вызывающего тепловое повреждение. Сено в крупных рулонах более подвержено тепловому повреждению, чем в мелких из-за более медленного охлаждения корма [6]. Поэтому сено в крупные рулоны следует закладывать при более низкой влажности. Проблема теплового повреждения силоса возникает на первом этапе ферментации сырья, когда имеет место дыхание растительных клеток и нежелательных микроорганизмов кислородом, содержащимся в силосуемой массе. Этому способствует недостаточное уплотнение травы, растянутые сроки заполнения траншеи. Поврежденный теплом силос имеет коричневый или темнокоричневый до черного цвет, запах проявленного табака, яблок или ржаного хлеба. Такой силос может поедаться скотом, но переваримость его протеина снижается. Так, самосогревание силосуемой массы до 52 °С вызвало снижение переваримости протеина на 23 % [8].

Тепловому повреждению могут подвергаться и зеленые корма при их недопустимо длительном хранении перед скармливанием. Пересушка искусственно высушенных кормов приводит к денатурации белка, и он становится недоступным для животных. Такие корма часто имеют органолептические признаки теплового повреждения: бурый цвет вместо темнозеленого или желтоватого, горелый запах и сожженные кончики частичек корма. При использовании пересушенных искусственно высушенных кормов в составе рациона переваримость протеина снизилась на 42,5 % [8]. Ясно выраженные органолептические признаки характерны для высокой степени теплового повреждения, но оно может быть менее выраженным. Ее для конкретной партии корма можно установить лишь на основе анализа КДНП, поскольку на содержании СП тепловое повреждение не сказывается. Поэтому в некоторых лабораториях по определению качества

кормов, наряду с общим содержанием СП, приводят данные и КДНП [9, 10].

Поскольку КДНП недоступен животным, при составлении рационов кормления требуется вносить поправку на его содержание, исходя из его процентной доли в СП. При этом учитывают, что протеин, нерастворимый в кислотном детергенте, содержится и в кормах, не подвергавшихся тепловому повреждению, в количестве 5-12 % от СП (меньшая цифра для злаковых, большая – для бобовых) [11]. Этот протеин относится к лигнину и не является продуктом теплового повреждения. Поэтому коррекцию на содержание КДНП рекомендуется проводить при доле КДНП более 10 % СП [9], или при превышении 7 % [11].

Цель исследований – оценка по уровню протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, наиболее широко возделываемых в Нечерноземной зоне России злаковых кормовых трав (кострец безостый, овсяница луговая и тимофеевка луговая) и приготовленных из них силоса и сенажа в зависимости от фазы вегетации в первом укосе и содержания в них СП.

Материал и методы. Объектом исследования являются образцы кормовых трав, выращенных на дерново-подзолистой почве Центральной экспериментальной базы ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса. Для сбора проб на выбранном для их отбора участке по его диагонали выделяли несколько площадок. Скашивали кострец безостый (сорт Моршанский 760), овсяницу луговую (сорт ВИК 5), тимофеевку луговую (сорт ВИК 7) в фазы «выход в трубку», «выметывание соцветий» (колошение) и «цветение». Фазы роста определяли визуально. Скошенную зеленую массу после тщательного перемешивания делили на две части. Из одной части отбирали пробы зеленой травы, а другую часть использовали для приготовления силоса и сенажа по методике ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса¹.

Пробы зеленой травы, силоса и сенажа, высушенные при температуре 60-65 °С в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией, размалывали до прохода через сито с отверстиями 1 мм. В них определяли содержание СП по методу Кельдаля. Для определения КДНП получали остаток КДК по разработанному нами методу².

¹Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов: методические рекомендации. В. А. Бондарев, В. М. Косолапов [и др.]. М.: ФГУ РЦСК, 2008. 67 с.

²Методические рекомендации по определению углеводной питательности растительных кормов для жвачных животных. М.: ВАСХНИЛ, 1984. 44 с.

Результаты и их обсуждение. По мере роста трав в них увеличивалось содержание КДК. Поскольку КДНП является составной частью КДК, логично ожидать его накопление с увеличением содержания КДК. Однако не обнаружено корреляции между уровнями

КДНП и КДК в травах. Так, если в исходной траве овсяницы луговой и тимофеевки луговой прослеживается такая взаимосвязь, то у костреца безостого наблюдалась обратная тенденция (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание КДНП в злаковых травах, сенаже и сенаже в зависимости от фазы их роста и уровня КДК, % в сухом веществе /

Table 1 – Contents of ADICP in grasses, silage and haylage depending on the phase of vegetation and level of ADF, % in dry matter

Вид травы / Grass type	Вид корма / Feed type	Фаза роста / Growth phase					
		выход в трубку / shooting		колошение / earing		цветение/ flowering	
		КДК / ADF	КДНП / ADICP	КДК / ADF	КДНП / ADICP	КДК / ADF	КДНП / ADICP
Кострец безостый / Bromus	Трава / Grass	26,97	1,26	32,09	1,05	40,04	0,96
	Силос / Silage	33,08	1,27	36,64	0,92	41,39	0,88
	Сенаж / Haylage	30,07	1,05	42,77	1,27	44,38	0,85
Овсяница луговая / Festuca	Трава / Grass	26,50	0,96	36,01	1,36	45,76	1,58
	Силос / Silage	30,68	1,03	40,87	0,96	42,36	1,01
	Сенаж / Haylage	30,07	0,83	42,77	0,92	42,50	0,93
Тимофеевка луговая / Timothy	Трава / Grass	30,08	1,18	36,40	1,27	42,70	1,36
	Силос / Silage	33,30	0,90	45,72	0,96	42,70	1,03
	Сенаж / Haylage	33,21	1,36	41,81	0,89	45,84	0,88

Силосование и сенажирование привело к значительному повышению содержания КДК в первые фазы роста трав, что тоже не сопровождалось увеличением КДНП. О том, что КДНП не является постоянной частью КДК сообщалось и в других исследованиях [12]. Однако в условиях опыта замечена некоторая

зависимость величины массовой доли КДНП в КДК от фазы роста и вида корма (табл. 2). Кострец безостый отличается более высокой долей КДНП в КДК в раннюю фазу роста. От ранней фазы роста трав ко времени цветения значительно снижался процент КДНП в составе КДК.

Таблица 2 – Массовая доля КДНП в КДК, % /
Table 2 – Mass fraction of ADICP in ADF, %

Вид травы / grass type	Фаза роста / growth phase	Массовая доля КДНП в КДК / Mass fraction of ADICP in ADF		
		трава / gras	силос / silage	сенаж / haylage
Кострец безостый / Bromus	Выход в трубку / Shooting	4,7	3,8	3,5
	Колошение / Earing	3,3	2,5	3,0
	Цветение / Flowering	2,4	2,1	1,9
Овсяница луговая / Festuca	Выход в трубку / Shooting	3,6	3,4	2,8
	Колошение / Earing	3,8	2,4	2,2
	Цветение / Flowering	3,4	2,4	2,2
Тимофеевка луговая / Timothy	Выход в трубку / Shooting	3,9	2,7	4,1
	Колошение / Earing	3,5	2,4	2,1
	Цветение / Flowering	3,2	2,4	1,9

Консервирование трав во все фазы их роста привело к увеличению КДК по сравнению с исходной травой, но в связи с более низкой концентрацией КДНП в КДК, чем в траве (табл. 2), массовая доля КДНП в сухом веществе силоса и сенажа была более низкой. Хотя в связи с особенностями технологии заготовки силоса вероятность теплового повреждения силоса более высокая, чем других видов кормов. Но это справедливо лишь при недостаточном уплотнении силоса во время его закладки и при длительном во времени заполнении траншеи или башни, когда имеет место повышенная инфильтрация воздуха в силосуемую массу. В то же время сообщается, что в силосах, полученных при отсутствии повышения температуры вследствие дыхания, не было найдено существенного содержания продуктов реакции Майларда [13]. В наших опытах силос и сенаж готовили для научных целей с тщательным

соблюдением технологии. Возможно поэтому не отмечено более высокого содержания КДНП по сравнению с исходной травой в сухом веществе силоса и сенажа, оно было даже несколько ниже.

Общепринято оценивать уровень КДНП по его доле в СП, так как этот показатель имеет практическое значение для корректировки содержания протеина в кормах и рационах, учитывая, что часть его недоступна животным. В травах в фазу «выход в трубку» при высоком содержании СП доля КДНП в СП сравнительно невысокая (табл. 3). По мере роста растений снижается уровень СП в них и при этом повышается доля КДНП в СП, которая ко времени цветения в траве овсяницы луговой и тимофеевки луговой достигает 16,1 и 17,6 % соответственно. В [14] также сообщается о наименьшем проценте КДНП в СП в более ранние фазы роста трав.

Таблица 3 – Массовая доля КДНП в сыром протеине (СП) /
Table 3 – Mass fraction of ADICP in crude protein (CP)

Вид травы / Grass type	Вид корма / Feed type	Фаза роста / Growth phase					
		выход в трубку / shooting		колошение / earing		цветение / flowering	
		СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %	СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %	СП, % с.в./ CP, % d. m.	доля КДНП в СП, %/ mass fraction of ADICP in CP, %
Кострец безостый / Bromus	Трава / Grass	22,25	5,7	13,25	7,9	8,12	11,8
	Силос / Silage	20,81	6,1	13,94	6,6	9,25	9,4
	Сенаж / Haylage	17,56	6,0	14,12	9,0	8,44	10,0
Овсяница луговая / Festuca	Трава / Grass	16,75	5,0	11,94	11,4	9,81	16,1
	Силос / Silage	17,31	6,0	11,88	7,6	11,25	8,9
	Сенаж / Haylage	18,12	4,6	12,88	7,1	9,38	9,9
Тимофеев- ка луговая / Timothy	Трава / Grass	13,94	8,5	11,81	10,7	7,69	17,6
	Силос / Silage	14,06	6,4	10,06	9,6	9,38	9,5
	Сенаж / Haylage	14,75	6,2	11,44	9,0	8,44	10,4

Связь между СП и доли в нем КДНП достаточно тесная (рис.). Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92 для трав, силоса и сенажа соответственно. Доля КДНП в СП силоса и

сенажа по мере роста трав также возрастала, но он во все фазы остается ниже, чем в травах. Исходя из приведенных данных, можно предполагать, что консервированные травы при соблюдении технологии их заготовки подвер-

жены тепловому повреждению в меньшей степени, чем свежая трава, высушенная при 60 °C, хотя пробы силоса и сенажа сушили при этой же температуре. Возможно, это связано с различиями в углеводном и протеиновом составе свежей и консервированной травы. Так, отмечается, что при соответствующей скорости ферментации травяной массы снижается содержание в ней водорастворимых углеводов,

участвующих в реакции Майларда [13]. С более низкой скоростью ферментации и также с меньшей способностью к уплотнению связывают повышенную чувствительность к тепловому повреждению силоса с более высоким содержанием сухого вещества. Силос из люцерны с содержанием сухого вещества >35 % чувствительнее к тепловому повреждению, чем травы с более высоким содержанием влаги [15].

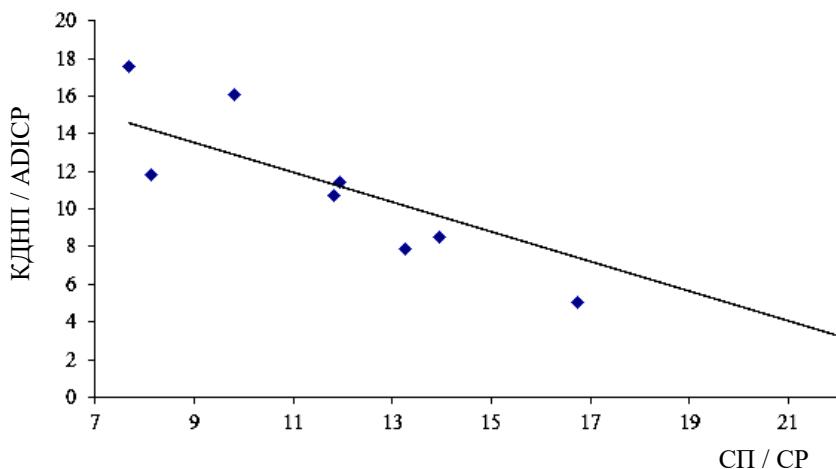


Рис. Зависимость доли КДНП от содержания СП в исходных травах, % /
Fig. The dependence of the proportion of ADICP on the content of CP in the original grasses, %

Полученные нами результаты сопоставимы с имеющимися в литературе данными по уровню КДНП в злаковых травах и обратной зависимости его доли в СП от содержания СП [14]. Что касается силоса, то сообщается, что уровень теплового повреждения зависит от различных факторов, как вида силосуемой культуры, типа силосохранилища, влажности силосуемой массы, длины резки и других [16]. В зависимости от них, из 146 проб силоса, взятых на фермах провинции Онтарио, в 25 пробах содержание КДНП превышало 1,8 % в сухом веществе, что показывает на их тепловое повреждение. Остальной силос был хорошего качества. В то же время на некоторых сельскохозяйственных предприятиях Белоруссии в образцах злакового силоса КДНП превышал 30 % СП [17]. Поэтому в лабораториях по оценке качества кормов, наряду с СП, рекомендуется определять и КДНП в его составе.

Заключение. Изучено содержание КДНП в сухом веществе многолетних злаковых трав

в зависимости от фазы роста, а также в силосе и сенаже, приготовленных из трав тех же фаз роста. Установлено, что по мере роста трав наблюдается возрастание содержания КДНП в траве овсяницы луговой от 1,26 до 1,58 % в сухом веществе в фазы выхода в трубку и цветения соответственно. В траве тимофеевки луговой эти же показатели составили 1,18 и 1,36 %. Кострец безостый отличается от других видов трав: в нем по мере роста не происходит накопления КДНП. Силос и сенаж в условиях опыта не отличались от исходной травы более высоким уровнем теплового повреждения: в большинстве случаев содержание КДНП в них не превышало 1,0 % в сухом веществе. Поскольку по мере роста трав происходит значительное снижение в них уровня СП и увеличение в нем доли КДНП, наблюдается тесная обратная зависимость между СП и доли в нем КДНП. Коэффициенты корреляции между этими показателями составили -0,83; -0,88 и -0,92, для трав, силоса и сенажа соответственно.

References

1. Van Soest P. J. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin of forages. Journal of the A.O.A.C. 1965;48(4):785-790.
URL: <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/48/4/785/5729656>
2. Goering H. K., Gordon C. H., Hemken R. W., Waldo D. R., Van Soest P. J., Smith L. W. Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. J. Dairy Sci. 1972;55(9):1275-1280.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85661-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85661-3)

3. Weiss W. P., Conrad H. R. St. Pierre N. R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient value of forages and concentrates. *J. Animal feed Sci. and Tech.* 1992;39(1-2):95-110. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4)
4. Coblenz W. K., Hoffman P. C. Effects of spontaneous heating on fiber composition, fiber digestibility, and in situ disappearance kinetics of neutral detergent fiber for alfalfa-orchardgrass hays. *J. Dairy Sci.* 2009;92(6):2875-2895. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1921>
5. Coblenz W. K., Hoffman P. C., Martin N. P. Effects of spontaneous heating on forage protein fractions and in situ disappearance kinetics of crude protein for alfalfa-orchardgrass hays packaged in large round bales. *J. Dairy Sci.* 2010;93(3):1148-1169. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2701>
6. Coblenz W. K., Hoffman P. C. Effects of spontaneously heating on estimates of TDN for alfalfa-orchardgrass hays packaged in large-round bales. *J. Dairy Sci.* 2010;93(7):3377-3389. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3133>
7. Федоренко Н. Н., Федоренко В. Ф. Качественный состав кормов в зависимости от степени теплового воздействия в процессе их приготовления. Сельскохозяйственная биология. 1987;22(7):76-82.
- Fedorenko N. N., Fedorenko V. F. *Kachestvennyy sostav kormov v zavisimosti ot stepeni teplovogo vozdeystviya v protsesse ikh prigotovleniya.* [The qualitative composition of the feed, depending on the degree of thermal action in the process of its preparation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 1987;22(7):76-82. (In Russ.).
8. Попов В. В., Федоренко Н. Н. Изучение питательности силоса в зависимости от интенсивности самосогревания. Животноводство. 1985;12:52-54.
- Popov V. V., Fedorenko N. N. *Izuchenie pitatel'nosti silosa v zavisimosti ot intensivnosti samosogrevaniya.* [Study of the nutritional value of silage depending on the intensity of self-heating]. *Zhivotnovodstvo.* 1985;12:52-54. (In Russ.).
9. Schroeder J. W. Forage nutrition for ruminants. NDSU extension dairy specialist. AS-1250, 2018. 22 p. URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/quality-forage-series-forage-nutrition-for-ruminants>
10. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washington, DC: The National Academies Press. 405 p. DOI: <https://doi.org/10.17226/9825>
11. Mertens D. R. Adjusting heat-damaged protein to a CP basis. *J. Animal Sci.* 1979;42:259.
12. Krishnamoorthy U., Muscato T. V., Sniffen C. J., Van Soest P. J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 1982;65(2):217-225. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82180-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82180-2)
13. Rooke John A., Hatfield Ronald D. Biochemistry of Ensiling. 2003. p. 139.
- URL: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2404&context=usdaarsfacpub>
14. Sanderson Matt A. Nitrogen composition of herbage in relation to the ruminant animal. Retrospective Theses and Dissertations. 1987. 132 p. DOI: <https://doi.org/10.31274/rtd-180813-9103>
15. Garsia Alvaro. Heat Damage in Alfalfa Silage. Extension Extra Paper. 2005. 130 p. URL: http://openprairie.sdsstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1129&context=extension_extra
16. Gallagher D. W., Stevenson K. R. Heat damage in hay-crop silage. Ministry of Agriculture and Food. 1976; 76-007. URL: <https://www.plant.uoguelph.ca/sites/plant.uoguelph.ca/files/forages/documents/S4-Heat%20damage%20in%20hay%20crop%20silage-76-007.pdf>
17. Лапотко А. Доступный белок для дойных коров. Белорусское сельское хозяйство. 2015;(11(163)). Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zivotnovodstvo/dostupnyj-belog-dlya-dojnyh-korov>
- Lapotko A. *Dostupnyj belok dlya dojnykh korov.* [Affordable protein for dairy cows]. *Belorusskoe sel'skoe khozyaystvo* = Belarusian agriculture. 2015;(11(163)). (In Belarus). URL: <http://agriculture.by/articles/zivotnovodstvo/dostupnyj-belog-dlya-dojnyh-korov>

Сведения об авторах

✉ **Косолапов Владимир Михайлович**, доктор с.-х. наук, академик РАН, директор, ФГНБУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии», Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московская область, Российская Федерация, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3480-3464>

Худякова Хатима Каримовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических исследований, ФГНБУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии», Научный городок, корпус 1, г. Лобня, Московская область, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2738-3438>

Information about the authors

✉ **Wladimir M. Kosolapov**, DSc in Agricultural science, academician of RAS, Head of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Nauchny Gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russian Federation, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3480-3464>

Hatima K. Khudyakova, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of physical and chemical studies, the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Nauchny Gorodok, building 1, Lobnya, Moscow region, Russian Federation, 141055, e-mail: vnii.kormov@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2738-34>

✉ – Для контактов / Corresponding author

Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы и продуктивность лядвенце-тимофеевчной травосмеси

© 2021. А. П. Кислицына[✉], В. А. Фигурин

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, г. Киров, Российской Федерации

В статье приведены результаты трёхлетних (2017...2019 гг.) полевых исследований по изменению агрохимических показателей почвы и формированию продуктивности лядвенце-тимофеевчной смеси в зависимости от известкования (по 0,25 гидролитической кислотности) и внесения минеральных удобрений, в том числе фосмуки. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сильнокислая, со средним содержанием подвижного фосфора и обменного калия, содержанием гумуса 1,9 %, подвижного алюминия – от 4,27 до 5,24 мг/кг почвы. Установлено, что внесение извести тонкого помола в дозе 3 т/га под предпосевную культивацию лядвенце-тимофеевчной травосмеси снижало кислотность почвы в слое 0-10 см к осени следующего года с 4,2 до 5,6 единиц pH. Внесение фосфоритной муки (1 т/га) приводило к повышению содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см на 135-163 %. Самая высокая продуктивность лядвенце-тимофеевчной смеси в течение трёх лет жизни получена при совместном внесении извести и минеральных удобрений, а в среднем за три года жизни выход обменной энергии превышал 50 ГДж/га, что выше контрольного варианта без удобрений более чем на 35 %. Внесение минеральных удобрений повышало продуктивность травосмеси только в первые два года жизни. Доза фосмуки (1 т/га) способствовала росту продуктивности трав на сильнокислой почве только в год посева. Дополнительное внесение аммиачной селитры (N_{30}) вместе с фосфорно-калийными удобрениями ($P_{60}K_{60}$), как и хлористого калия (K_{60}) с фосфоритной мукой, не приводило к достоверному повышению выхода обменной энергии.

Ключевые слова: известкование, фосфоритная мука, фосфорно-калийные удобрения, кислотность почв, продуктивность, обменная энергия, выход обменной энергии

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0100).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кислицына А. П., Фигурин В. А. Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы и продуктивность лядвенце-тимофеевчной травосмеси. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):367-375. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.367-375>

Поступила: 05.02.2021 Принята к публикации: 24.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The effect of lime and mineral fertilizers on agrochemical characteristics of soil and productivity of birdsfoot trefoil and timothy grass mixture

© 2021. Antonida P. Kislicsyna[✉], Valentin A. Figurin

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

The article presents the results of three-year (2017-2019) field studies on changes in agrochemical characteristics of soil and formation of productivity of birdsfoot trefoil and timothy grass mixture in dependence of the liming (hydrolytic acidity 0.25) and application of mineral fertilizers, phosphorite meal in particular. The soil is sod-podzolic, medium loamy, strongly acidic, with intermediate concentration of mobile phosphorous and metabolizable potassium, humus content is 1.9 %, and mobile aluminum – from 4.27 to 5.24 mg/kg of soil. It has been established that application of finely ground lime at a dose of 3 tons per hectare prior to sowing of birdsfoot trefoil and timothy grass mixture decreased soil acidity in the layer of 0-10 cm from 4.2 to 5.6 pH units by next autumn. Application of phosphorite meal (1t/ha) led to an increase in the concentration of mobile phosphorous in the layer of 0-10 cm by 135-163 %. The highest productivity of birdsfoot trefoil and timothy mixture during 3 years was obtained by means of combined application of lime and mineral fertilizers, and for 3 years on the average the yield of metabolic energy exceeded 50 GJ/ha, which is over 35 % higher than in the control variant without fertilizers. The use of mineral fertilizers increased grass mixture productivity only during the first two years. The applied dosage of phosphorite meal (1t/ha) promoted the increase in grass productivity on strongly acidic soil only in the year of sowing. Additional treatment with ammonium nitrate (N_{30}) together with phosphorous and potassium fertilizers ($P_{60}K_{60}$), as well as potassium chloride (K_{60}) with phosphorite meal did not result in significant rise in metabolizable energy yield

Key words: liming, phosphorite meal, phosphorous and potassium fertilizers, soil acidity, productivity, metabolic energy, metabolic energy yield

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0100).

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citations: Kislytsyna A. P., Figurin V. A. The effect of lime and mineral fertilizers on agrochemical characteristics of soil and productivity of birdsfoot trefoil and timothy grass mixture. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):367-375. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.367-375>

Received: 05.02.2021

Accepted for publication: 24.05.2021

Published online: 23.06.2021

За последние 15-20 лет резкое сокращение объёмов известкования, внесения органических и минеральных удобрений привело к снижению плодородия почвы. Особое беспокойство вызывает то, что доля кислых почв ежегодно увеличивается. По Нечернозёмной зоне кислые почвы (с pH до 5,5) занимают уже более 63 % [1], Кировской области – 74,6 % обследуемой пашни [2].

При кризисном состоянии сельскохозяйственного производства стабилизирующим фактором сохранения, а в лучшем случае и повышения плодородия почвы и устойчивости растениеводства является биологизация земледелия на основе совершенствования полевого травосеяния. Биологическое разнообразие многолетних трав даёт возможность создавать продуктивные агрофитоценозы на почвах разного уровня плодородия. Правильно подобранные травосмеси для каждого конкретного поля, агроландшафтного участка позволяют повысить продуктивность травяного поля на 20...30 % без значительных затрат. Например, на дерново-подзолистой среднесуглинистой сильно-кислой почве лучшей травосмесью является смесь лядвенца рогатого с тимофеевкой луговой [3].

Лядвенец рогатый лучше других культур переносит избыточную кислотность пахотного и подпахотного горизонтов^{1, 2},

однако симбиотический аппарат лядвенца лучше развивается при pH 5,0-6,0^{3, 4}. Как и все бобовые культуры, лядвенец рогатый предъявляет повышенные требования к обеспеченности фосфором, калием и микроэлементами⁵. Тимофеевка луговая переносит повышенную кислотность почвы, но pH_{кл} должна быть не ниже 4,5^{6, 7}.

Преимущества использования многолетних бобовых трав определяются не только их кормовыми достоинствами, но и способностью повышать плодородие и улучшать фитосанитарное состояние почв⁸, и чем выше урожайность многолетних трав, тем более высокое действие они оказывают на плодородие почв [4].

Для повышения урожайности трав, и в первую очередь бобовых, требуется устранение избыточной кислотности путём известкования и фосфоритования [1, 5, 6]. При известковании повышается эффективность минеральных удобрений на 30-40 %, снижается в 4-10 раз подвижность в почве тяжёлых металлов и радионуклидов, улучшаются физические свойства почвы, усиливается деятельность почвенной микрофлоры^{9, 10} [5, 6, 7, 8]. При отсутствии возможностей проведения известкования полными дозами внесение извести в небольших дозах (0,5-1,5 т/га) в верхний слой почвы перед посевом значительно улучшает развитие растений^{11, 12}.

¹Вавилов П. П., Посьпанов Г. С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. 256 с.

²Фёдоров А. К. Кормовые растения. М.: 1989. 160 с.

³Иванов Д. А. Повышение продуктивности сенокосов и пастбищ. Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1975. 288 с.

⁴Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А. Теория и практика луговодства. М.: Россельхозиздат, 1977. 632 с.

⁵Уолтон Питер Д. Производство кормовых культур: Перевод с англ. Синичкина И. М. М.: Агропромиздат, 1986. 286 с.

⁶Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А. Указ. соч.

⁷Клапп Э. Сенокосы и пастбища. Пер. с нем. Под общ. ред. и с предисл. Т. А. Работнова. М.: Сельхозиздат, 1961. 613с.

⁸Фигурин В. А., Кислицына А. П., Сунцова Н. П. Рекомендации по созданию и использованию травостоев долголетнего использования на полевых землях. Киров: ГНУ «НИИСХ Северо-Востока Россельхозакадемии», 2011. 36 с.

⁹Минеев В. Г., Ремпе Е. Х. Агрохимия, биология и экология почвы. М.: Госагропромиздат. 1990. 206 с.

¹⁰Тяжёлые металлы в системе почва – растения - удобрения. Под общ. ред. Овчаренко М. М. М.: Пролетарский светоч, 1997. 290 с.

¹¹Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А. Указ. соч.

¹²Фигурин В. А., Кислицына А. П., Сунцова Н. П. Указ. соч.

В этих случаях малые дозы извести следует вносить в почву сеялками вместе с семенами или под культивацию перед посевом. При таком агротехническом приёме создаются благоприятные условия для развития бобовых растений в начальный период, когда всходы наиболее чувствительны к кислой реакции среды и недостатку кальция в почвенном растворе.

Снижает кислотность почвы и применение фосфоритной муки, которая помимо фосфора содержит до 50 % кальция. Основным условием усвоения фосфора из фосфоритной муки является кислотность почвы, которая способствует её разложению.

Установлено, что на слабоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве фосфоритная мука при систематическом применении оказывает такое же влияние на урожайность культур, как и суперфосфат на фоне высоких доз извести [9], что актуально для Кировской области.

Многолетние бобовые травы при питании азотом воздуха нуждаются в повышенном обеспечении фосфором и калием [10, 11], так как для процесса азотфиксации клубеньковые бактерии используют значительно больше фосфора и калия, чем их симбиотический партнёр-микросимбионт – бобовые растения [12].

Анализ результатов исследований по применению минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы показывает их высокую эффективность и необходимость дифференциации доз внесения туков в зависимости от типа почв и уровня их плодородия^{13, 14, 15}, хозяйственного назначения травостоев. Работ по изучению эффективности применения удобрений под культуру лядвенца рогатого немного. В основном исследования были проведены в 60-70 гг. прошлого века в Литовском НИИ земледелия¹⁶, Белоруссии¹⁷ и во Всероссийском НИИ кормов им. В. Р. Вильямса¹⁸.

В условиях кислых почв Евро-Северо-Востока исследований по повышению продуктивности лядвенце-тимофеевочных траво-

смесей в зависимости от известкования и применения удобрений не проводилось.

Цель исследований – определить наиболее эффективные виды и сочетания минеральных удобрений, включая фосфоритную муку и известь, для обеспечения высокой продуктивности лядвенце-тимофеевочной травосмеси на дерново-подзолистых почвах в условиях Кировской области.

Материал и методы. Исследования проводили в 2017-2019 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая на водно-ледниковых отложениях, подстилаемых пермскими глинами. Содержание гумуса в пахотном слое 1,9 %, P_2O_5 – 68 мг/кг, K_2O – 107 мг/кг почвы, pH_{sol} 4,25, гидролитическая кислотность – 5,08 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 10,65 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 69,3 %, содержание подвижного алюминия – 4,23...5,24 мг/кг почвы.

Схема опыта представлена в таблице 1. Под предпосевную культивацию вносили простой суперфосфат (26 % д. в.), хлористый калий (60 % д. в.), аммиачную селитру (34 % д. в.), фосфоритную муку (P_2O_5 – 19 % и Ca – 50 %), известь (85 % $CaCO_3$). Известь и фосмука внесены за один прием с NPK-удобрениями.

Изучали травосмесь лядвенца рогатого Солнышко с тимофеевкой луговой Ленинградская 204. Норма высева семян с учётом всхожести 10 и 5 кг/га соответственно. Посев проведён в ранневесенний период по чистому пару, беспокровно. Размещение делянок систематическое в один ярус. Повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки составляла 14 м², общая – 20 м². Первый укос трав проведён в фазу цветения лядвенца рогатого, второй – в третьей декаде августа. Наблюдения и исследования проводили в соответствии с методическими указаниями¹⁹.

¹³Андреев Н. Г, Тюльдюков В. А. Указ. соч.

¹⁴Уолтон Питер Д. Указ. соч.

¹⁵Клапп Э. Указ. соч.

¹⁶Каджюлис Л. Ю. Выращивание многолетних трав на корм. Л.: Колос, 1977. 247 с.

¹⁷Стрелков В. Г., Шашко Т. Минеральные удобрения под лядвенец. Земледелие. 1972;(10):36-37.

¹⁸Родионов В. А. Агротехника и семеноводство лядвенца рогатого. Семеноводство кормовых культур. М.: ЦИНТИ, 1967. С. 66-72.

¹⁹Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ, 1997. 155 с.

Концентрацию обменной энергии в кормовой массе лядвенце-тимофеевчной травосмеси рассчитывали по методике ВНИИ кормов²⁰, статистическую обработку – дисперсионным анализом с использованием пакета программ AGROS (версия 2.07).

Закладка опыта проведена в 2017 году. Метеорологические условия вегетационных периодов различались по характеру выпадения осадков и температурному режиму, что отразилось на развитии растений лядвенца рогатого и тимофеевки луговой, и их реакции на внесённые удобрения.

Вегетационный период 2017 года характеризовался как прохладный и увлажнённый. 2018 год отличался недостатком осадков в мае и первой половине июня. В 2019 году отмечен недобор осадков с повышенными температурами в мае, прохладная и сухая погода в июле и августе. Условия для перезимовки многолет-

них трав в годы проведения эксперимента были близки к среднемноголетним.

Результаты и их обсуждение. Известкование дерново-подзолистой сильнокислой почвы и внесение минеральных удобрений оказали существенное влияние на изменение агрохимических свойств почвы и продуктивность лядвенце-тимофеевчной травосмеси.

Перед закладкой опыта кислотность почвы в пахотном горизонте (0-20 см) в среднем по опыту составляла $4,35 \pm 0,1$. Внесение в 2017 г. мелкодисперсного известкового материала, конверсионного мела (осаждённого карбоната кальция – ОКК), обладающего высокой химической активностью, под предпосевную культивацию (варианты 2, 5, 7) в дозе 3 т/га (0,25 Нг) снизило кислотность верхнего 0-10 см слоя почвы уже к осени следующего года (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение кислотности (pH_{KCl}) в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в зависимости от внесенных удобрений и извести /

Table 1 – Acidity changes (pH_{KCl}) in the top layer of sod-podzolic soil depending on fertilizers and lime application

№ варианта / Variant number	Удобрения / Fertilizers	2018 г.		2019 г.	
		0-10 см / 0-10 cm	10-20 см / 10-20 cm	0-10 см / 0-10 cm	10-20 см / 10-20 cm
1	Без удобрений (контроль) / No fertilizers(control)	4,20	4,17	4,32	4,21
2	Известь 3 т/га / Lime 3 t/ha	5,60	4,22	4,90	4,30
3	Фосмука 1 т/га / Phosphorite meal 1 t/ha	4,50	4,20	4,38	4,19
4	P ₆₀ K ₆₀	4,31	4,16	4,19	4,15
5	Известь 3 т/га + P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + P ₆₀ K ₆₀	4,86	4,25	4,63	4,15
6	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	4,23	4,10	4,21	4,15
7	Известь 3 т/га + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha+ N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	5,34	4,20	4,64	4,10
8	Фосмука 1 т/га + K ₆₀ / Phosphorite meal 1 t/ha+ K ₆₀	4,44	4,16	4,28	4,16

Более значительное снижение кислотности почвы произошло на делянке без применения удобрений (вар. 2), на 1,25 ед. pH.

При внесении фосфоритной муки кислотность почвы в слое 0-10 см осталась на прежнем уровне. К осени 2019 года в верхнем слое (0-10 см) почвы отмечается повышение кислотности во всех вариантах, причём более значительное в вариантах с

известкованием (0,3...0,7 ед. pH). Изменение обусловлено, главным образом, высоким выносом кальция с урожаем трав, так как снижения кислотности в слое 10-20 см не отмечено. По нашим предыдущим исследованиям, вынос кальция с урожаем лядвенце-тимофеевчной смеси при двуукосном использовании травостоев достигал 58,0...76,2 кг/га в год.

²⁰Методическое пособие по агрономической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: ВИК, 1995. 175 с.

Работами²¹ [13] также показано быстрое, на второй-третий год после известкования ОКК, возрастание уровня кислотности дерново-подзолистой почвы в зернотравяном севообороте, даже при внесении более высоких доз известкового материала. Исследованиями [14] установлено, что более сильная тенденция подкисления почвы под многолетними травами проявляется в вариантах с двуукосным скашиванием, где обеспечивается высокий вынос кальция и магния с урожаем трав.

**Таблица 2 – Содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве под травостоями лядвенце-тимофеевчной смеси, мг/кг (2017-2019 гг.) /
Table 2 – Content of mobile phosphorous in sod-podzolic soil under birdsfoot trefoil and timothy grass mixture, mg/kg (2017-2019)**

<i>№ варианта / Variant number</i>	<i>Удобрения / Fertilizers</i>	<i>2017 г. (перед закладкой опыта, 0-20 см) / (before sowing experiment, 0-20 cm)</i>	<i>2018 г.</i>	<i>2019 г.</i>
1	Без удобрений (контроль) / No fertilizers(control)	76,5±15,0	<u>71,7±14,3</u> 60,8±12,1	<u>59,0±11,8</u> 57,0±11,4
2	Известь 3 т/га / Lime 3 t/ha	75,8±16,9	<u>69,2±13,8</u> 52,4±10,4	<u>67,7±13,5</u> 70,9±14,2
3	Фосмука 1 т/га / Phosphorite meal 1 t/ha	78,3±15,6	<u>168,7±33,7</u> 57,4±11,4	<u>143,2±28,6</u> 74,9±14,9
4	P ₆₀ K ₆₀	72,4±14,4	<u>78,9±15,7</u> 54,6±10,9	<u>79,4±15,8</u> 59,9±11,9
5	Известь 3 т/га + P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + P ₆₀ K ₆₀	65,8±12,8	<u>88,3±17,6</u> 70,0±14,0	<u>83,5±16,7</u> 57,6±11,5
6	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	69,4±13,5	<u>83,4±16,6</u> 74,8±14,9	<u>77,9±15,6</u> 66,7±13,3
7	Известь 3 т/га + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	74,8±14,97	<u>88,7±17,7</u> 81,4±16,2	<u>78,7±15,7</u> 63,3±12,6
8	Фосмука 1 т/га + K ₆₀ / Phosphorite meal 1 t/ha + K ₆₀	71,2±14,2	<u>188,8±37,7</u> 82,9±16,5	<u>135,7±27,2</u> 69,9±13,9

Примечания: в числителе – слой почвы 0-10 см, в знаменателе – слой почвы 10-20 см /
Notes: in the numerator – layer of soil 0-10 cm, in the denominator – 10-20 cm.

Причём более значительным повышение было в варианте опыта с одновременным внесением калийных удобрений в форме хлористого калия, который, являясь физиологически кислым удобрением, вероятно, способствовал растворению фосфоритной муки и переходу трёхзамещённых фосфатов кальция в подвижные формы. Высокое содержание фосфора в этом слое отмечено и к концу вегетации 2019 года.

В слое почвы 10-20 см после 3-летнего содержания лядвенце-тимофеевчной смеси во всех вариантах опыта отмечается увеличение кислотности на 0,10...0,25 ед. pH от исходного уровня.

Внесение фосфоритной муки в дозе 1 т/га с заделкой культиватором привело к повышению содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см. Через год после фосфоритования содержание фосфора в верхнем слое пахотного горизонта третьего и восьмого вариантов опыта было на 80,4 и 107,7 мг/кг больше исходных значений (табл. 2).

В слое 10-20 см различия в содержании подвижного фосфора по вариантам опыта в годы наблюдений были в пределах допустимых отклонений.

Прослеживается тенденция к снижению содержания обменного калия по отношению к исходному содержанию в почве. Наиболее значимое уменьшение подвижных форм калия наблюдалось в слое 10-20 см (табл. 3), где расположена основная масса молодых корней трав.

²¹Юлушев И. Г. Рекомендации по использованию карбоната кальция химического синтеза в системе удобрений севооборота. Киров, 1987. 49 с.

Таблица 3 – Содержание обменного калия в дерново-подзолистой почве под травостоями лядвенце-тимофеевчной смеси, мг/кг (2017-2019 гг.) /

Table 3 – Content of metabolic potassium in sod-podzolic soil under birdsfoot trefoil and timothy grass mixture, mg/kg (2017-2019)

<i>№ варианта / Variant number</i>	<i>Удобрения / Fertilizers</i>	<i>2017 г. (перед закладкой опыта, 0-20 см) / (before laying the experiment, 0-20 cm)</i>	<i>2018 г.</i>	<i>2019 г.</i>
1	Без удобрений (контроль) / No fertilizers(control)	123,5±18,5	<u>106,8±14,6</u> 97,7±13,5	<u>104,2±14,5</u> 91,4±12,9
2	Известь 3 т/га / Lime 3 t/ha	121,2±18,2	<u>92,4±12,30</u> 88,5±11,5	<u>116,9±20,6</u> 104,2±19,8
3	Фосмука 1 т/га / Phosphorite meal 1 t/ha	125,8±22,3	<u>91,1±12,7</u> 88,5±11,9	<u>111,8±19,5</u> 102,8±17,5
4	P ₆₀ K ₆₀	123,5±18,8	<u>106,8±16,2</u> 85,9±11,5	<u>110,5±18,3</u> 88,8±14,4
5	Известь 3 т/га + P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + P ₆₀ K ₆₀	116,7±17,5	<u>102,9±15,8</u> 99,0±15,8	<u>104,1±16,7</u> 81,2±12,2
6	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	114,4±16,8	<u>104,2±16,2</u> 92,4±13,9	<u>106,7±16,9</u> 96,5±14,5
7	Известь 3 т/га + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	114,3±16,9	<u>108,1±15,8</u> 100,2±14,7	<u>104,2±16,0</u> 88,8±12,9
8	Фосмука 1 т/га + K ₆₀ / Phosphorite meal 1 t/ha + K ₆₀	114,6±16,8	<u>106,8±16,2</u> 102,9±15,0	<u>102,9±15,2</u> 92,6±12,1

Примечания: в числителе – слой почвы 0-10 см, в знаменателе – слой почвы 10-20 см /
Notes: in the numerator – layer of soil 0-10 cm, in the denominator – 10-20 cm.

Ряд авторов отмечает снижение содержания калия в почвах при длительном возделывании калиелюбивых многолетних трав [15, 16, 17], в основном снижение калия в почвах под травами наблюдается, когда вынос с урожаем не покрывается внесением калия с удобрениями [15].

В год закладки опыта прохладная погода с достаточным количеством осадков благоприятствовала появлению всходов лядвенца. При внесении фосфоритной муки всхожесть семян лядвенца достигала 75,9 % и составляла 569 раст/м² (в контроле 509 раст/м²) и снижалась значительно при внесении аммиачной селитры совместно с другими удобрениями (вар. 7 до 292 и вар. 6 до 375 раст/м²).

Минеральные удобрения и известь, внесённые под предпосевную культивацию в весенний период, способствовали достоверному повышению выхода обменной энергии (ОЭ) лядвенце-тимофеевчной смеси уже в год посева (табл. 4).

При раздельном внесении извести, фосфорно-калийных удобрений и фосфоритной муки выход обменной энергии возрастал на 6,6-9,4 ГДж/га по сравнению с контрольным вариантом, продуктивность которого состав-

ляла 21,4 ГДж/га, а при совместном внесении извести и полного минерального удобрения увеличивался до 33,7 ГДж/га. Во всех вариантах в травосмеси преобладал лядвенец рогатый.

На второй год жизни при недостатке осадков в начале вегетации (май и первая половина июня) выход обменной энергии в первом укосе был достоверно выше контроля (27,7 ГДж/га) только при внесении полного минерального удобрения как без известкования – 40,5, так и с известкованием – 41,0 ГДж/га. Во втором укосе при низкой продуктивности травосмеси проявилось действие фосфоритной муки (вар. 3 и 8), а также совместное действие извести и минеральных удобрений (вар. 5 и 7). В целом за вегетацию отмечен достоверно высокий выход ОЭ в вариантах с внесением минеральных удобрений, особенно при совместном внесении NPK с известью – 60,6 ГДж/га.

На третий год жизни в первом укосе и в сумме за два укоса только при совместном внесении извести и минеральных удобрений выход обменной энергии достоверно превышал контроль (49,5 ГДж/га за 2 укоса) и достигал за два укоса в варианте 5 – 63,5 и варианте 7 – 59,1 ГДж/га.

Таблица 4 – Влияние известкования и минеральных удобрений на выход обменной энергии лядвенце-тимофеевчной смеси, ГДж/га /
Table 4 – Influence of liming and fertilizers on metabolic energy yield of birdsfoot trefoil and timothy mixture, GJ/ha

№ варианта / Variant number	Удобрения / Fertilizers	2017 г.			2018 г.			2019 г.			В среднем за 3 года / For 3 years on the average
		1 укос / 1 st cut	1 укос / 1 st cut	2 укос / 2 nd cut	за два укоса / for two cuts	1 укос / 1 st cut	2 укос / 2 nd cut	за два укоса / for two cuts	1 укос / 1 st cut	2 укос / 2 nd cut	
1	Без удобрений (контроль) / Fertilizers (control)	21,4	27,7	14,2	41,9	31,0	18,5	49,5	31,0	18,5	37,6
2	Известь 3 т/га / Lime 3 t/ha	28,0	35,4	16,1	51,5	32,8	21,1	53,9	32,8	21,1	44,5
3	Фосмук 1 т/га / Phosphorite meal 1 t/ha	28,1	28,0	18,6	46,6	32,0	17,5	49,5	32,0	17,5	41,4
4	P ₆₀ K ₆₀	30,8	35,2	17,8	53,0	29,7	20,7	50,4	29,7	20,7	44,7
5	Известь 3 т/га + P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + P ₆₀ K ₆₀	32,8	34,5	20,3	54,8	39,1	24,4	63,5	39,1	24,4	50,4
6	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	35,7	40,5	16,4	56,9	30,3	21,2	51,5	30,3	21,2	48,1
7	Известь 3 т/га + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ / Lime 3 t/ha + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	33,7	41,0	19,6	60,6	37,0	22,1	59,1	37,0	22,1	51,2
8	Фосмук 1 т/га + K ₆₀ / Phosphorite meal 1 t/ha + K ₆₀	26,9	28,8	18,0	46,8	31,0	21,2	52,2	31,0	21,2	42,0
	HCP ₀₅ / LSD ₀₅	5,6	8,4	3,8	10,0	5,7	F _{Φ>F_{0,5}}	9,7	5,7	F _{Φ>F_{0,5}}	6,8

В среднем за три года жизни трав известкование и внесение минеральных удобрений как по отдельности, так и совместно позволили получить достоверно высокий выход ОЭ – от 44,5 до 51,2 ГДж/га. Внесение одной фосфоритной муки, а также совместно с хлористым калием не повлияло достоверно на выход ОЭ.

Заключение. Проведённые исследования показали, что на дерново-подзолистой сильнокислой почве со средним содержанием подвижного фосфора и обменного калия внесение извести в дозе 3 т/га под предпосевную культивацию лядвенце-тимофеевчной смеси снижало кислотность почвы в слое 0-10 см к осени следующего года с pH 4,2 до 5,6, меньше с внесением минеральных удобрений. Снижения кислотности в слое 10-20 см не отмечено. Внесение фосфоритной муки в дозе 1 т/га привело к повышению содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-10 см на 135-163 %. Через два года после внесения удобрений и известкования наблюдалось достоверное подкисление и снижение содержания подвижного калия в почве.

Наиболее эффективно совместное внесение извести 3 т/га и минеральных удобрений в дозах P₆₀K₆₀ или N₃₀P₆₀K₆₀, которое обеспечивало достоверное повышение продуктивности лядвенце-тимофеевчной травосмеси в течение трёх лет жизни относительно варианта без удобрений, при этом выход обменной энергии в среднем за три года превышал 50 ГДж/га. Минеральные удобрения без известкования способствовали повышению продуктивности изучаемой травосмеси только в первый и второй годы жизни. Внесение 1 т/га фосфоритной муки достоверно повышало выход обменной энергии в первый год жизни трав. Внесение аммиачной селитры (N₃₀) с фосфорно-калийными удобрениями (P₆₀K₆₀) и хлористого калия (K₆₀) с фосфоритной мукой не способствовало дополнительному росту продуктивности трав относительно вариантов внесения РК-удобрений и фосфоритной муки.

Список литературы

1. Чекмарев П. А., Купреев Е. М., Ермаков А. А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации. Достижения науки и техники АПК. 2017;31 (7):14-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053573>
2. 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-pochy>
3. Фигурин В. А., Кислицына А. П., Сунцова Н. П. Создание продуктивных травостоев с новыми сортами клевера лугового и лядвенцем рогатым. Кормопроизводство. 2010;(2):27-30.
4. Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 188 с.
5. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Теоретические основы известкования почв. Санкт-Петербург, 2005. 252 с.
6. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв. Земледелие. 2019;(4):3-8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10401>
7. Шильников И. А., Удалова Л. П., Аканова Н. И., Нестеров А. А. Известкование – главный экологический фактор сохранения плодородия. Химия в сельском хозяйстве. 1997;(4):6-29.
8. Шильников И. А., Аканова Н. И., Зеленов Н. А. Известкование – главный фактор сохранения плодородия почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Достижения науки и техники АПК. 2008;(1):21-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10304053>
9. Кирпичников Н. А., Чернышкова Л. Б. Научное обоснование применения фосфоритной муки в условиях многолетнего полевого опыта. Плодородие. 2017;(5(98)):20-23.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30322860>
10. Шпаков А. С. Кормовые культуры в системах земледелия и севооборотах. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 400 с.
11. Ergon A. Seddaiu G., Korhonen P., Korhonen P., Virkajarvi P., Bellocchi G., Jorgensen M., Osterem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordis and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate? European Journal of Agronomy. 2018;92:97-106.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
12. Лапинская Э. Б., Мотузене Л. П. Влияние фосфорно-калийных удобрений на симбиотическую азотфиксацию *Risobium galega*. Агрохимия. 2007;(9):45-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9536708>
13. Прудников А. Д., Яненков Д. А. Динамика кислотности почв при внесении различных известковых материалов. Агрохимический вестник. 2013;(3):6-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21014401>
14. Лазарев Н. Н., Авдеев С. М., Демина Л. Ю., Яцкова В. Г. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности бобово-злаковых травостоев при их долголетнем использовании. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011;(1):9-18.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16728680>
15. Кшникаткина А. Н., Тимошкин О. А. Влияние козлятника восточного на плодородие. Земледелие. 2007;(2):12-13.
16. Тюлин В. А., Лазарев Н. Н., Иванова Н. Н., Вагунин Д. А. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья. Тверь, 2014. 234 с.
17. Ганичева В. В. Влияние луговых трав на агрохимические свойства почвы. Кормопроизводство. 2002;(9):19-21.

References

1. Chekmarev P. A., Kupreev E. M., Ermakov A. A. *K probleme kislotnosti pochv Nечernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii*. [To the problem of soil acidity of the Non-Black Soil zone of the Russian Federation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31 (7):14-19. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053573>
2. Molodkin V. N., Busygina A. S. *Plodorodie pahotnyh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnyh-kirovskoy-oblasti-pochy>
3. Figurin V. A., Kislytsyna A. P., Suntsova N. P. *Sozdanie produktivnykh travostoev s novymi sortami klevera lugovogo i lyadventsem rogatym*. [Formation of productive herbage compositions containing new varieties of red clover and birds-foot trefoil]. *Kormoprovodstvo = Forage Production*. 2010;(2):27-30. (In Russ.).
4. Figurin V. A. *Vyrashchivanie mnogoletnikh trav na korm*. [Cultivating perennial grasses for fodder]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2013. 188 p.
5. Nebol'sin A. N., Nebol'sina Z. P. *Teoreticheskie osnovy izvestkovaniya pochv*. [Theoretical foundation for soil liming]. Saint-Petersburg, 2005. 252 p.
6. Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. *Agroekologicheskie osnovy khimicheskoy melioratsii pochv*. [Agroecological foundation of chemical amelioration of soils]. *Zemledelie*. 2019;(4):3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10401>

7. Shil'nikov I. A., Udalova L. P., Akanova N. I., Nesterov A. A. *Izvestkovanie – glavnnyy ekologicheskiy faktor sokhraneniya plodorodiya*. [Liming as a major ecological factor of fertility conservation]. *Khimiya v sel'skom khozyaystve*. 1997;(4):6-29. (In Russ.).
8. Shil'nikov I. A., Akanova N. I., Zelenov N. A. *Izvestkovanie – glavnnyy faktor sokhraneniya plodorodiya pochv i povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Liming as a major factor of soil fertility conservation and higher yields of farm crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2008;(1):21-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10304053>
9. Kirpichnikov N. A., Chernyshkova L. B. *Nauchnoe obosnovanie primeneniya fosforitnoy muki v usloviyakh mnogoletnogo polevogo opyta*. [Scientific substantiation of phosphorite meal application in a long-term field experiment]. *Plodorodie*. 2017;(5(98)):20-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30322860>
10. Shpakov A. S. *Kormovye kul'tury v sistemakh zemledeliya i sevooborotakh*. [Fodder crops in systems of farming and crop rotation]. Moscow: *FGNU «Rosinformagrotekh»*, 2004. 400 p.
11. Ergon A. Seddai G., Korhonen P., Korhonen P., Virkajarvi P., Bellocchi G., Jorgensen M., Osterem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordis and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate? *European Journal of Agronomy*. 2018;92:97-106.
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
12. Lapinskas E. B., Motuzene L. P. *Vliyanie fosforo-kaliynykh udobreniy na simbioticheskuyu azotifikatsiyu Rhizobium galega*. [Effect of phosphorus and potassium fertilizers on symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobium galegae*]. *Agrokhimiya*. 2007;(9):45-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9536708>
13. Prudnikov A. D., Yanenkov D. A. *Dinamika kislotnosti pochv pri vnesenii razlichnykh izvestkovykh materialov*. [Dynamics of soil acidity during application of limy materials]. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*. 2013;(3):6-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21014401>
14. Lazarev N. N., Avdeev S. M., Demina L. Yu., Yatskova V. G. *Izmenenie agrokhimicheskikh svoystv der-novo-podzolistoy pochvy i urozhaynosti bobovo-zlakovykh travostoev pri ikh dolgoletнем ispol'zovanii*. [Changes in agrochemical properties of sod-podzolic soil and fertility of leguminous and cereal grasses in their long-term use]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2011;(1):9-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16728680>
15. Kshnikatkina A. N., Timoshkin O. A. *Vliyanie kozlyatnika vostochnogo na plodorodie*. [Influence of eastern galega on fertility]. *Zemledelie*. 2007;(2):12-13. (In Russ.).
16. Tyulin V. A., Lazarev N. N., Ivanova N. N., Vagunin D. A. *Mnogoletnie bobovye travy v agrolandshaftakh Nechernozem'ya*. [Perennial leguminous grasses in agricultural landscapes of Non-Black Soil Zone]. Tver, 2014. 234 p.
17. Ganicheva V. V. *Vliyanie lugovykh trav na agrokhimicheskie svoystva pochvy*. [Influence of meadow grasses on agrochemical properties of soil]. *Kormoproduktovostvo = Forage Production*. 2002;(9):19-21. (In Russ.).

Сведения об авторах

✉ **Кислицына Антонида Павловна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник лаборатории агрохимии и кормопроизводства, 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: <https://orcid.org/0000-0001-7474-7359>, e-mail: zemledel_niish@mail.ru

Фигурин Валентин Алексеевич, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии и кормопроизводства, 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

Information about the authors

✉ **Antonida P. Kislytsyna**, PhD in Agricultural science, senior researcher, the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, 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: <https://orcid.org/0000-0001-7474-7359>, e-mail: zemledel_niish@mail.ru

Valentin A. Figurin, DSc in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, 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

✉ – Для контактов / Corresponding author

Особенности формирования злаково-бобовых травосмесей первого и второго года жизни в условиях Европейского Севера России

© 2021. А. А. Шаманин[✉], Л. А. Попова

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Российской Федерации

Исследования проведены в полевом опыте в условиях севера Архангельской области. Изучали двухкомпонентные травостои в первый и второй годы их жизни, сформированные из злаковых (овсяница луговой, овсяница тростниковой) и бобовых (клевера лугового и люцерны синей) трав. Выявлено, что в погодно-климатических условиях Северного региона в первый год жизни исследуемые многолетние травы не проходят полный жизненный цикл: клевер луговой развивается до фазы прикорневой розетки, люцерна синяя – до фазы ветвления, злаки – до фазы кущения. В первый год жизни урожай формируется за счёт бобового компонента, в особенности клевера лугового, который занимал в структуре 73 %. Во второй год жизни злаковые травы увеличивали вклад в формирование урожая до 93 %. Наиболее продуктивным на второй год жизни стал вариант «овсяница тростниковая + клевер луговой». При большем соотношении злакового компонента (67 %) в сумме за два укоса в сравнении с контролем вариантом «овсяница луговая + клевер луговой» прибавка урожая сухого вещества составила 2,81 т/га ($LSD_{05} = 1,46$ т/га), выход обменной энергии был выше на 30,56 ГДж/га, сбор сырого протеина увеличился на 0,22 т/га. Агрофитоценозы из овсяницы тростниковой и клевера лугового позволяют получать в первый год интенсивного использования зелёный корм с содержанием протеина в 1 кг сухого вещества на уровне 114,28–153,33 г и сахаров 133,54–154,65 г в зависимости от укоса. Большие выпады люцерны синей из травостоя объясняются её слабой зимостойкостью и воздействием низких весенних температур в период начала отрастания. Таким образом, в условиях Европейского Севера России среди бобово-злаковых травостоев в первые два года жизни выделилась в качестве перспективной травосмесь с клевером луговым и овсяницей тростниковой. Отмечена потенциальная возможность регулирования питательности корма (содержания протеина, сахаров, клетчатки) путем подбора компонентов травосмеси.

Ключевые слова: многолетние травы, кормовые культуры, клевер луговой, овсяница тростниковая, люцерна синяя, урожайность сухого вещества, питательность зелёной массы

Благодарность: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0409-2021-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Для цитирования: Шаманин А. А., Попова Н. А. Особенности формирования злаково-бобовых травостоев в первый и второй годы их жизни в условиях Европейского Севера России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):376-384. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.376-384>

Поступила: 29.03.2021 Принята к публикации: 11.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Specific features of formation of grass-legume mixtures of the first and second year of life in the conditions of the European North of Russia

© 2021. Aleksey A. Shamanin[✉], Lyudmila A. Popova

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation

The studies were carried out in a field experiment in the north of the Arkhangelsk region. Under study were two-component grass stands of the first and second year of life, composed of cereal (meadow fescue, reed fescue) and legume grasses (meadow clover and blue alfalfa). It has been established that in the climatic conditions of the Northern region the studied perennial grasses do not go through the full life cycle during the first year of life: meadow clover develops up to the root rosette phase, blue alfalfa – up to the branching phase, cereals – to the tillering phase. In the first year, the yield is formed due to the legume component, especially meadow clover, which occupies 73 % of the structure. In the second year of life, cereal grasses increase their influence on the yield formation up to 93 %. The most productive variant in the second year was the “reed fescue + meadow clover” variant. With a higher ratio of the cereal component (67 %) in total for two mowings in comparison with the control variant “meadow fescue + meadow clover”, the increase in dry matter yield was 2.81 t/ha ($LSD_{05} = 1.46$ t/ha), the output of exchange energy was 30.56 GJ/ha higher, crude protein yield increased by 0.22 t /ha. Agrophytocenoses of reed fescue and meadow clover in the first year of intensive use make it possible to obtain green fodder with the protein content in 1 kg of dry matter at the level of 114.28 g – 153.33 g and sugars 133.54 g – 154.65 g depending on

the mowing. High loss of blue alfalfa in the grass stand is due to its weak winter hardiness and the effect of low spring temperatures during the period of the beginning of regrowth. Thus, in the conditions of the European North of Russia among legume-cereal grass stands during the first two years of life the grass mixture of meadow clover and reed fescue has been identified as perspective. There has been noted a potential for regulation the feed nutritional value (protein, sugars and fiber content) by means of grass mixture components selection.

Keywords: perennial grasses, forage crops, meadow clover, reed fescue, blue alfalfa, yield of dry matter, nutritional value of green mass

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0409-2021-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest.

For citations: Shamanin A. A., Popova L. A. Specific features of formation of grass-legume mixtures of the first and second year of life in the conditions of the European North of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):376-384. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.376-384>

Received: 29.03.2021 Accepted for publication: 11.05.2021 Published online: 23.06.2021

Одним из регионов с ярко выраженным животноводческим направлением является Европейский Север России, что в первую очередь обусловлено природно-климатическими условиями. Для развития данного вида деятельности помимо формирования высокопродуктивного поголовья скота необходимо создание прочной кормовой базы. В связи с этим наиболее приоритетным в кормопроизводстве становится обеспечение животноводства качественными энергетически полноценными кормами [1, 2, 3]. Корма должны быть не только высококачественными, но и дешевыми, и в достаточном количестве. Необходимо учитывать при этом и природно-экономические условия каждого хозяйства [4].

Производство высококачественных объемистых кормов осуществляется на огромных кормовых угодьях России – пашне, сенокосах и пастбищах, путем возделывания многолетних трав, однолетних бобово-злаковых травосмесей и кукурузы [5]. Однако благодаря оптимальному соотношению обменной энергии и протеина в сухом веществе многолетние травы в кормовом отношении превосходят другие кормовые культуры. При насыщении систем кормопроизводства многолетними травами происходит снижение себестоимости и расхода кормов на единицу продукции, увеличивается степень биологизации земледелия [6]. Тем не менее, количество обменной энергии, а также переваримость клетчатки и поедаемость объемистых кормов собственного производства из многолетних трав в большинстве хозяйств значительно ниже тех значений, которые зоотехнически обоснованы. В кормах собственной заготовки содержание обменной энергии редко составляет выше 9 МДж в 1 кг

сухого вещества, в то время как в современных реалиях этот показатель должен быть не менее 10,5 МДж [7].

Наиболее выгодные корма можно получить при выращивании долголетних бобовых культур. Однако бобовые травы имеют повышенное содержание белка, низкое содержание сахара и низкую энергонасыщенность, в результате ухудшается сахаропротеиновое соотношение и снижается эффективность их использования. Кроме того, бобовые травы (люцерна синяя и клевер луговой) относятся к трудносилосуемым культурам. Добиться оптимального соотношения сахара и протеина возможно при выращивании бобово-злаковых смесей, в структуре которых доля бобового компонента должна составлять 40-50 % [8].

Бобовые травы относятся к одному из самых многочисленных ботанических семейств и в культуре представлены большим числом видов, различающихся по количеству белка, биологическим особенностям, приспособленности к местообитаниям [9]. В условиях Северного региона России основной бобовой культурой является клевер луговой, также широко применяется лядвенец рогатый и козлятник восточный. В последние годы актуальным стало внедрение в травостои люцерны изменчивой. Многолетние злаковые травы в регионе представлены овсяницей луговой, тимофеевкой луговой, кострецом безостым, лисохвостом луговым. Для создания высокопродуктивных агроценозов перспективными видами злаков являются овсяница тростниковая, овсяница восточная, арктополевица широколистная [10, 11]. В условиях нестабильных и непредсказуемых погодно-климатических условий для сохранения продуктивности и устой-

чивости аgroценозов целесообразно включать в травостои растения с глубокопроникающей корневой системой, таких как овсяница тростниковая, люцерна и луговой клевер [12].

Значительную роль в кормопроизводстве при создании кормовых травостоев имеет всестороннее изучение и внедрение в производство новых кормовых культур. Расширение ассортимента кормовых культур позволит увеличить производство высококачественных кормов [13, 14]. В результате научных исследований, проведённых на севере Архангельской области, был выделен ряд новых перспективных многолетних культур для местных почвенно-климатических условий: клевер паннонский, люцерна синяя, овсяница восточная, овсяница тростниковая, полевица гигантская, черноголовник многобрачный [15].

Внедрение новых видов и сортов кормовых культур в аgroфитоценозы подразумевает и адаптацию технологий их возделывания под конкретные почвенно-климатические условия региона. Для корректировки таких элементов технологии возделывания, как нормы высева и соотношение семян в травосмеси, сроки и кратность отчуждения надземной массы, а также обеспечение травостоев минеральным питанием необходимо всестороннее изучение роста, развития и продуктивности кормовых трав. В связи с этим актуально получение знаний о динамике изменений травостоев в цепочке «посев, первый год жизни – первый год пользования», что позволит сформировать приёмы регулирования аgroценозов для различных направлений использования.

Исследования, проводимые нами, имеют высокую степень новизны, так как изучение аgroфитоценозов на основе злаковых и бобовых трав, в частности, люцерны, овсяницы тростниковой и новых сортов клевера в Архангельской области проводилось лишь в южных районах.

Цель исследований – изучить особенности формирования высокопродуктивных аgroфитоценозов в первый и второй годы их жизни в условиях Европейского Севера России.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2019-2020 годах на базе ООО «Аgroфирма «Холмогорская» (Архангельская область, Холмогорский район). Объект исследований – бобово-злаковые травостои. Изучали следующие виды и сорта многолетних кормовых культур: овсяница луговая (*Festuca*

pratensis Huds) Северодвинская 130; овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb) Балтика; клевер луговой (*Trifolium pretense* L.) Таёжник; люцерна синяя (*Medicago sativa* L.) Кевсала.

Схема опыта включала следующие травосмеси: овсяница луговая (7 кг/га) + клевер луговой (8 кг/га) – (контроль); овсяница луговая (7 кг/га) + люцерна синяя (6 кг/га); овсяница тростниковая (6 кг/га) + клевер луговой (8 кг/га); овсяница тростниковая (6 кг/га) + люцерна синяя (6 кг/га). Предшественник – викоовсяная смесь на силос.

Почва опытного участка – дерново-мелкозернистая супесчаная, рН_{сол} 5,2, содержание Р₂О₅ – 300 мг/кг почвы, К₂О – 458 мг/кг почвы, органического вещества – 3,15 %. Массовую долю подвижных соединений фосфора и калия в почве определяли в ФГБУ Станция агрохимической службы «Архангельская» согласно ГОСТ Р 54650-2001 «Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО».

Повторность опыта четырёхкратная. Размеры делянок 3,5x3,0 м (10,5 м²). Способ посева – рядовой с междурядьем 15 см. Перед смешиванием компонентов скарифицировали семена клевера лугового и люцерны синей. Посев проводили вручную 17-18 июня 2019 года. Непосредственно перед посевом проводили культивацию почвы.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований несколько различались по температурному режиму, что повлияло на рост, развитие и продуктивность растений. При одинаковых условиях увлажнения (ГТК₂₀₁₉ = 1,80, ГТК₂₀₂₀ = 1,76) первый год жизни многолетних трав (2019 г.) был прохладнее на 1,4 °C относительно среднемноголетних значений температуры воздуха, а второй год жизни (2020 г.) – на 0,5 °C. Относительно нормы выпавших осадков оба года исследований были более увлажнёнными. За вегетационный период 2019 года выпало 370,7 мм осадков (+45,5 мм к норме), в 2020 году – 408,3 мм (+83,1 мм к норме). К особенностям погодных условий 2020 года можно отнести то, что среднесуточная температура мая была ниже среднемноголетнего значения на 2,2 °C, количество выпавших осадков превысило норму на 81 мм (+350 % к норме), а 13 мая образовался снежный покров высотой 6 см, сохраняющийся в течение суток.

Исследования осуществляли на основании методических указаний по проведению полевых опытов с кормовыми культурами¹ и методики полевого опыта². Химический анализ образцов зеленой массы проводился методом инфракрасной спектроскопии в аналитической лаборатории ФГБУН ФИЦКИА РАН. Расчет энергетической питательности зеленой массы кормовых культур проводили согласно методическим указаниям по оценке качества и питательности кормов³.

Результаты и их обсуждение. В первый год жизни ни один из компонентов травостоев не прошел полный жизненный цикл. Клевер луговой развился до фазы прикорневой розетки с высотой растений 30 см, люцерна синяя достигла фазы ветвления с высотой побегов 45 см. Злаковые травы за период вегетации развивались до фазы кущения с высотой растений у овсяницы луговой 40 см, овсяницы тростниковой – 30-35 см. Все многолетние культуры ушли в зиму в хорошем состоянии.

Интенсивное использование многолетних травостоев начинается со второго года их жизни. Весенное отрастание трав отмечено во второй декаде мая. Вегетация овсяницы луговой началась 10 мая, овсяницы тростниковой – 15 мая, клевера лугового – 17 мая, люцерны синей – 20 мая. Злаковые травы

характеризовались очень высокой перезимовкой (9 баллов) – сохранилось более 90 % растений. Перезимовка клевера лугового была на высоком уровне (8 баллов) – сохранилось не менее 80 % растений. Люцерна синяя перезимовала хуже всех (3 балла, низкая перезимовка) – сохранилось не более 40 % растений.

Оценка проектного покрытия многолетних агроценозов второго года жизни показала, что присутствие злаков было на уровне 55-75 %. Наибольшее проектное покрытие (70-75 %) злаковые травы занимали в травостоях с люцерной синей. Клевер луговой в посевах занимал 40-45 %. В связи с тем, что во второй год жизни травостои использовались двуукосно, отчуждение надземных частей растений осуществляли по фазе развития растения-доминанта – злакового компонента: первый укос – в фазу «начало колошения», второй – «кущение-выход в трубку», но не позднее, чем за 30 дней до конца вегетационного периода.

Травостои первого года жизни показали низкую урожайность, что связано с медленным развитием трав в год посева. Из данных таблицы 1 видно, что выход сухого вещества варьировал от 0,97 до 1,83 т/га и был наибольшим в контрольном варианте, включающем традиционные для данного региона травы – клевер луговой и овсяницу луговую.

Таблица 1 – Урожайность многолетних травостоев, т/га сухого вещества /
Table 1 – Yield of perennial grass stands, t/ha of dry matter

Вариант / Variant	1-й год жизни / 1st year of life		2-й год жизни / 2nd year of life			
	1 укос / 1 mowing	± к контролю/ ± to control	1-й укос / 1st mowing	2-й укос / 2nd mowing	за 2 укоса / for 2 mowings	± к контролю/ ± to control
Клевер луговой + овсяница луговая, контроль / Meadowclover + meadowfescue, control	1,83	-	4,09	4,51	8,60	-
Люцерна синяя + овсяница луговая / Bluealfalfa + meadowfescue	1,21	-0,62	3,68	3,54	7,22	-1,38
Клевер луговой + овсяница тростниковая / Meadowclover + reedfescue	1,10	-0,73	6,18	5,23	11,41	2,81
Люцерна синяя + овсяница тростниковая / Bluealfalfa + reedfescue	0,97	-0,86	5,92	5,14	11,06	2,46
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,52	-	1,17	0,49	1,46	-

¹Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВИЖ, 1987. 198 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

³Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 76 с.

Во второй год жизни как более урожайные выделились травостои с овсяницей тростниковой. Наибольший выход сухого вещества как в первый, так и во второй укос получен на травостое из смеси клевера лугового и овсяницы тростниковой. В сумме за два укоса этот показатель составил 11,41 т/га. Прибавка урожая при этом в сравнении со стандартным травостоем составила 2,81 т/га. Вариант «люцерна синяя + овсяница тростниковая» характеризовался чуть меньшим сбором сухого вещества с гектара – 11,06 т.

Двухкомпонентные травостои составлены из злаковых и бобовых трав, различающихся по основным химическим показателям. Соотношение трав этих ботанических семейств в зелёной массе травостоя обуславливает урожайность, выход сухого вещества, питательность.

Из таблицы 2 видно, что в первый год жизни в структуре агрофитоценозов преобладают бобовые травы. Содержание массы

клевера при этом составило 73 %. Содержание люцерны варьировало в зависимости от вида соседствующего злака – от 59 до 67 %. Во второй год жизни многолетних трав произошло изменение структуры фитоценозов во всех вариантах – снизилось присутствие бобовых компонентов. Содержание клевера снизилось в зависимости от вида злака, с которым он высеван в смеси: от 50 % в варианте с овсяницей луговой до 31 % – с овсяницей тростниковой. Такие изменения произошли в результате интенсивного развития злаковых трав, а в особенности более сильного наращивания надземной биомассы овсяницы тростниковой. Уменьшение содержания люцерны синей в составе фитоценозов произошло более значительно – до 7-8 % независимо от вида овсяницы. Предположительно, неблагоприятные погодные условия в период начала отрастания многолетних трав привели к массовой гибели почек возобновления люцерны синей.

Таблица 2 – Структура урожая зелёной массы многолетних травостоев, % /

Table 2 – Yield structure of green mass of perennial grass stands, %

Вариант / Variant	Культура / Crop	1-й год жизни / 1st year of life	2-й год жизни / 2nd year of life		
			1-й укос / 1st mowing	2-й укос / 2nd mowing	среднее / average
1	Клевер луговой / Meadow clover	73	46	54	50
	Овсяница луговая / Meadow fescue	27	54	46	50
2	Люцерна синяя / Blue alfalfa	59	8	7	8
	Овсяница луговая / Meadow fescue	41	92	93	92
3	Клевер луговой / Meadow clover	73	29	33	31
	Овсяница тростниковая / Reed fescue	27	71	67	69
4	Люцерна синяя / Blue alfalfa	67	6	7	7
	Овсяница тростниковая / Reed fescue	33	94	93	93

Анализ структуры урожая указывает на то, что в первый год жизни травостоев многолетних трав клевер луговой, в частности в смеси с овсяницей луговой, обеспечивает максимальную продуктивность. Во второй год жизни на увеличение продуктивности влияет овсяница тростниковая, что в совокупности с клевером луговым обеспечивает наибольший выход сухого вещества с гектара.

В связи с тем, что бобовые травы являются главным источником белка, а злаковые обеспечивают животных сахаром и регулируют содержание клетчатки, различное их соот-

ношение в травостое обуславливает разную питательность получаемых кормов.

В первый год жизни многолетних трав в силу их медленного развития отчуждение зелёной массы проведено в ранние фазы развития, когда растения имели высокую питательность. Основные показатели питательности зелёной массы исследуемых травостоев приведены в таблице 3. Присутствие клевера в структуре урожая на уровне 73 % обеспечило содержание сырого протеина в 1 кг сухого вещества зелёной массы травостоя в количестве от 159,58 г (в варианте с овсяницей луговой) до 196,84 г (в варианте с овсяницей тростниковой).

Таблица 3 – Основные показатели питательности зелёной массы травостоев многолетних трав (в 1кг сухого вещества) /
Table 3 – The main indicators of the nutritional value of the green mass of perennial grasses (in 1 kg of dry matter)

Показатель / Indicator	Клевер луговой + овсяница луговая, контроль / Meadow clover + + meadow fescue, control		Люцерна синяя + овсяница луговая / Blue alfalfa + meadow fescue		Медуза луговая + овсяница тростниковой / Meadow clover + reed fescue		Люцерна синяя + овсяница тростниковой / Blue alfalfa + reed fescue	
	1-й год / 1st year	2-й год / 2nd year	1-й год / 1st year	2-й год / 2nd year	1-й год / 1st year	2-й год / 2nd year	1-й год / 1st year	2-й год / 2nd year
Обменная энергия, МДж / Exchange energy, MJ	11,60	10,86	11,98	11,83	10,70	10,50	11,76	10,89
Протеин сырой, г / Crude protein, g	159,58	112,64	184,47	103,79	77,20	63,34	169,84	114,28
Клетчатка, г /Fiber, g	188,85	230,19	167,56	176,26	239,04	250,06	179,97	228,37
Сахаров, г / Sugar, g	118,53	157,25	101,65	156,01	179,36	158,83	95,77	154,65

Многолетние травостои во второй год жизни характеризовались меньшей питательностью зелёной массы в первый укос. При этом травостои с клевером луговым содержали больше сырого протеина. В зелёной массе второго укоса также выделялись фитоценозы с клевером луговым, разница в количестве протеина по сравнению с люцерносодержащими травостоями составила от 89,99 до 121,13 г. В данном случае отмечается ещё и значительная разница в содержании клетчатки. Низкое содержание сырого протеина в вариантах с люцерной синей объясняется тем, что весовое присутствие данной культуры в травостоях составило всего 6-8 %.

При анализе показателей питательности зелёной массы выделяется по содержанию сахаров вариант с люцерной синей и овсяницей тростниковой, что характерно как для первого, так и второго укосов. Количество сахаров в данном варианте в зависимости от укоса составило 233,94 и 249,31 г соответственно. Вариант «люцерна синяя + овсяница луговая» в структуре урожая зелёной массы тоже имел низкое содержание бобового компонента (7-8 %), но и содержание сахаров было меньше и варьировало в первом укосе от 179,36 до 158,83 г во втором укосе.

Помимо питательной ценности корма большое значение имеет выход энергии и сбор протеина с 1 гектара укосной площади. Как мы видим из таблицы 4, контрольная травосмесь «клевер луговой + овсяница луговая» показала наибольшую продуктивность по данным показателям в первый год жизни. Во второй год жизни наибольшим выходом обменной энергии и сырого протеина характеризовался вариант «клевер луговой + овсяница тростниковая». В совокупности за 2 укоса прибавка в сравнении с контрольной травосмесью составила 30,56 ГДж/га обменной энергии и 0,22 т/га сырого протеина.

Выходы. Обобщая вышесказанное, нужно отметить, что в первый год жизни травостоев формирование урожая происходило за счёт бобового компонента, в особенности клевера лугового, так как в структуре урожая он занимал 73 %. Во второй год жизни во всех изучаемых вариантах опыта, кроме контрольного «клевер луговой + овсяница луговая», наблюдалось изменение в сторону увеличения содержания злакового компонента.

Таблица 4 – Выход обменной энергии и сбор сырого протеина /
Table 4 – Exchange energy output and crude protein yield

Вариант / Variant	Обменная энергия, ГДж/га / Exchange energy, GJ/ha			Протеин сырой, т/га / Crude protein, t/ha		
	2-й год / 2nd year			1-й год / 1st year	2-й год / 2nd year	
	1-й укос / 1st mowing	2-й укос / 2nd mowing	за 2 укоса / for 2 mowings		1-й укос / 1st mowing	2-й укос / 2nd mowing
Клевер луговой + овсяница луговая, контроль / Meadow clover + meadow fescue, control	21,23	44,42	54,03	98,45	0,29	0,46
Люцерна синяя + овсяница луговая / Blue alfalfa + meadow fescue	14,31	39,39	37,17	76,56	0,13	0,28
Клевер луговой + овсяница тростниковая / Meadow clover + reed fescue	12,94	67,30	61,71	129,01	0,19	0,71
Люцерна синяя + овсяница тростниковая / Blue alfalfa + reed fescue	11,41	62,57	57,27	119,84	0,09	0,29

В агроценозах с люцерной синей это связано с выпадением большого количества бобового компонента из травостоя. В варианте «клевер луговой + овсяница тростниковая» произошло смещение в сторону увеличения содержания злакового компонента до 67 %, в результате чего прибавка в сборе сухого вещества с гектара составила 2,81 т/га ($HCP_{05} = 1,46$ т/га) в сравнении с контролем. Вместе с увеличением урожая сухого вещества увеличивается выход обменной энергии и сырого протеина в сравнении с контрольной травосмесью на 30,56 ГДж/га и 0,22 т/га соответственно.

Многолетние фитоценозы из смеси овсяницы тростниковой и клевера лугового позволяют получить в первый год пользования зелёный корм с содержанием протеина в 1 кг

сухого вещества на уровне 114,28-153,33 г и сахаров 133,54-154,65 г в зависимости от укоса.

Люцерна синяя охарактеризовала себя как рискованная культура, которая резко негативно реагирует на неблагоприятные погодные условия и способна почти полностью выпадать из травостоев.

Таким образом, в условиях Европейского Севера России среди бобово-злаковых травостоев в первые два года жизни выделилась в качестве перспективной травосмесь с клевером луговым и овсяницей тростниковой. Помимо этого, отмечена потенциальная возможность регулирования питательности корма (содержания протеина, сахаров, клетчатки) путем подбора компонентов травосмеси.

Список литературы

- Гинтов В. В., Попова Л. А., Дыдыкина А. Л., Наконечный А. А., Шаманин А. А., Сухопаров А. И., Перевертайло Д. В., Ружников П. В., Кондакова Н. К. Аспекты повышения эффективности производства молока в Архангельской области: научно обоснованные рекомендации по заготовке кормов собственного производства и кормлению животных: методические указания. Архангельск: Солти, 2018. 82 с.
- Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика). М.: Издательский дом «Типография» Россельхозакадемии, 2014. 135 с. Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/kormoproizvodstvo-v-selskom-khoziaistve-ekologii-i-ratcionalnom-prirodopolzovanii.pdf>
- Хализова З. Н., Зыкова С. А. Состояние и перспективы отрасли кормопроизводства в России. Эффективное животноводство. 2019;(3(151)):14-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39454362>
- Столяров Г. Оценка эффективности производства молока в современных условиях. Аграрная экономика. 2020;(4(299)):67-72. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42901474>
- Клименко В. П. Качественные объемистые корма – основной фактор повышения продуктивного долголетия молочного скота и улучшения среды обитания. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научн. тр. Вып. 2 (50). М.: Угрешская типография, 2014. С. 79-88. Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-2-50.pdf>
- Шпаков А. С., Бычков Г. Н. Специализация лесной зоны на производстве молочно-мясной продукции и её средообразующая роль в агроэкосистемах. Продовольственная безопасность сельского хозяйства России

в XXI веке. Жученковские чтения II: сб. науч. тр. Вып. 11 (59). М.: Угрешская типография, 2016. С. 69-77.
Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-11-59.pdf>

7. Синицына С. М. Многолетние травы Северо-запада РФ: состояние и проблемы. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017;(92):103-111. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30258906>

8. Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Иванова Н. Н., Юлдашев К. С., Амбросимова Н. Н., Епифанова Н. А. Смешанные посевы – один из резервов повышения белка в кормах. Кормопроизводство. 2017;(11):40-44. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/11-2017>

9. Шагалиев Ф. М., Назыров В. К., Хуснутдинов И. З. Корма из бобово-злаковых травосмесей в рационах дойных коров. Вестник Башкирского Государственного Университета. 2013;(4(28)):63-67. Режим доступа: http://vestnik.bsau.ru/netcat_files/vestnic/file/2013-28.pdf

10. Корелина В. А. Создание бобово-злаковых травостоев с использованием люцерны синегебридной в условиях субарктической зоны РФ. Эффективное животноводство. 2019;(6(154)):76-79.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39276923>

11. Корелина В. А., Батакова О. Б., Зобнина И. В. Интродукция кормовых культур для расширения видового разнообразия, укрепления кормовой базы животноводства в условиях субарктической зоны Российской Федерации. Эффективное животноводство. 2018;(4(143)):32-35.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34997776>

12. Благовещенский Г. В., Штырхунов В. Д., Тимошенко С. М. Адаптация травяных агроэкосистем в изменяющемся климате Европы. Кормопроизводство. 2018;(4):12-15.

Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/4-2018/04-2018-02-1206/>

13. Базилевская Н. А. Интродукция растений: История и методы отбора исходного материала. Рига: ЛГУ, 1982. 103 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001129122>

14. Павлючик Е. Н. Капсамун А. Д., Дегтярев В. П., Иванова Н. Н., Вагунин Д. А., Юлдашев К. С., Силина О. С. Экологическая устойчивость и кормовая продуктивность клеверо-злаковых травосмесей на основе современных видов и сортов трав. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научн. тр. Вып. 6(54). М.: Угрешская типография, 2015. С. 149-155.

Режим доступа: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-6-54.pdf>

15. Шаманин А. А., Попова Л. А., Гинтов В. В. Малораспространённые кормовые культуры для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях северного региона России. Аграрный вестник Урала. 2019;4(183):40-47. DOI: https://doi.org/10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392

References

1. Gintov V. V., Popova L. A., Dydykina A. L., Nakonechnyy A. A., Shamanin A. A., Sukhoparov A. I., Perevertaylo D. V., Ruzhnikov P. V., Kondakova N. K. *Aspekty povysheniya effektivnosti proizvodstva moloka v Arkhangelskoy oblasti: nauchno obosnovannye rekomendatsii po zagotovke kormov sobstvennogo proizvodstva i kormleniyu zhivotnykh: metodicheskie ukazaniya*. [Aspects of improving the efficiency of milk production in the Arkhangelsk region: scientifically based recommendations for the preparation of feed of own production and animal feeding: methodological guidelines]. Arkhangelsk: Solti, 2018. 82 p.

2. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S. *Kormoproduktstvo v sel'skom khozyaystve, ekologii i ratsional'nom prirodo-pol'zovanii (teoriya i praktika)*. [Feed production in agriculture, ecology and rational use of natural resources (theory and practice)]. Moscow: Izdatel'skiy dom «Tipografiya» Rossel'khozakademii, 2014. 135 p. URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/kormoproduktstvo-v-selskom-khoziaistve-ekologii-i-ratsionalnom-prirodopolzovanii.pdf>

3. Khalizova Z. N., Zykova S. A. *Sostoyanie i perspektivy otrassli kormoproduktstva v Rossii*. [The state and prospects of the feed industry in Russia]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2019;(3(151)):14-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39454362>

4. Stolyarov G. *Otsenka effektivnosti proizvodstva moloka v sovremennykh usloviyakh*. [Evaluation of efficiency of milk production in modern conditions]. *Agrarnaya ekonomika*. 2020;(4(299)):67-72. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42901474>

5. Klimentko V. P. *Kachestvennye ob'emistye korma – osnovnoy faktor povysheniya produktivnogo dolegotiya molochnogo skota i uluchsheniya sredy obitaniya*. [Qualitative bulk fodders is a major factor influencing the increase of dairy cattle productive longevity and environmental improvement]. *Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproduktstvo*: sb. nauchn. tr. [Multifunctional adaptive fodder production: Collection of scientific papers]. Iss. 2 (50). Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2014. pp. 79-88.

URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproduktstvo-2-50.pdf>

6. Shpakov A. S., Bychkov G. N. *Spetsializatsiya lesnoy zony na proizvodstve molochno-myasnoy produktsii i ee sredobrazuyushchaya rol' v agroekosistemakh*. [Specification of forest area on milk and meat production and its environment forming role in agro-ecosystems]. *Prodovol'stvennaya bezopasnost' sel'skogo khozyaystva Rossii v XXI veke. Zhuchenkovskie chteniya II*: sb. nauch. tr. [Food security of agriculture in Russia in the XXI century. Zhuchenkov readings II: Collection of scientific papers/ Iss. 11 (59). Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2016. pp. 69-77. URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproduktstvo-11-59.pdf>

7. Sinitsyna S. M. *Mnogoletnie travy Severo-Zapada RF: sostoyanie i problemy*. [Perennial grasses of the northwest of the Russian Federation: status and problems]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2017;(92):103-111. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30258906>

8. Kapsamun A. D., Pavlyuchik E. N., Ivanova N. N., Yuldashev K. S., Ambrosimova N. N., Epifanova N. A. *Smeshannye posevy – odin iz rezervov povysheniya belka v kormakh*. [Mixed swards – resources for feed protein increase]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2017;(11):40-44. (In Russ.).

URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/11-2017>

9. Shagaliev F. M., Nazyrov V. K., Khusnutdinov I. Z. *Korma iz bobovo-zlakovykh travosmesey v ratsionakh doynykh korov*. [Feed of legume–grass mixtures in the diets of dairy cows]. *Vestnik Bashkirskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2013;(4(28)):63-67. (In Russ.). URL: http://vestnik.bsau.ru/netcat_files/vestnic/file/2013-28.pdf

10. Korelina V. A. *Sozdanie bobovo-zlakovykh travostoev s ispol'zovaniem lyutserny sinegebridnoy v usloviyakh subarkticheskoy zony RF*. [Development of legume-cereal grass stands with blue alfalfa in the subarctic zone of the Russian Federation]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2019;(6(154)):76-79. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39276923>

11. Korelina V. A., Batakova O. B., Zobnina I. V. *Introduktsiya kormovykh kul'tur dlya rasshireniya vidovogo raznoobraziya, ukrepleniya kormovoy bazy zhivotnovodstva v usloviyakh subarkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii*. [Introduction of forage crops to expand the species diversity, strengthen the feed base of animal husbandry in the subarctic zone of the Russian Federation]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2018;(4(143)):32-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34997776>

12. Blagoveshchenskiy G. V., Shtyrkhunov V. D., Timoshenko S. M. *Adaptatsiya travyanykh agroekosistem v izmenyayushchemsya klimate Evropy*. [Adaptation of grass agroecosystems under European changing climate]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2018;(4):12-15. (In Russ.).

URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/4-2018/04-2018-02-1206/>

13. Bazilevskaya N. A. *Introduktsiya rasteniy: Istochniki i metody otbora iskhodnogo materiala*. [Plant introduction: The history and methods of selecting the source material]. Riga: LGU, 1982. 103 p.

URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001129122>

14. Pavlyuchik E. N., Kapsamun A. D., Degtyarev V. P., Ivanova N. N., Vagunin D. A., Yuldashev K. S., Silina O. S. *Ekologicheskaya ustoychivost' i kormovaya produktivnost' klevero-zlakovykh travosmesey na osnove sovremennykh vidov i sortov trav*. [Ecological stability and feed productivity of clover-cereal grass mixtures based on modern types and varieties of herbs]. *Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauchn. tr.* [Multifunctional adaptive fodder production: Collection of scientific papers. Iss. 6(54). Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2015. pp. 149-155.

URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/mnogofunktionalnoe-adaptivnoe-kormoproizvodstvo-6-54.pdf>

15. Shamanin A. A., Popova L. A., Gintov V. V. *Malorasprostranennye kormovye kul'tury dlya formirovaniya vysokokachestvennykh kormovykh agrotsenozov v usloviyakh severnogo regiona Rossii*. [Using the less widespread feed crops for forming a high quality feed agrophytocenosis in conditions of the northern region of Russia]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;183 (4):40-47. (In Russ.).

DOI: https://doi.org/10.32417/article_5cf953df8675d5.73728392

Сведения об авторах

✉ **Шаманин Алексей Алексеевич**, научный сотрудник лаборатории растениеводства, Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – Приморский филиал ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пос. Луговой, д. 10, Приморский р-н, Архангельская обл., Российская Федерация, 163032, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8611-8637>, e-mail: lexxik_l@mail.ru

Попова Людмила Александровна, кандидат экон. наук, старший научный сотрудник, Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – Приморский филиал ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, пос. Луговой, д. 10, Приморский р-н, Архангельская обл., Российская Федерация, 163032, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3764-9017>

Information about authors

✉ **Alexey A. Shamanin**, researcher, the Laboratory of Crop Production, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, Russian Federation, 163032, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8611-8637>, e-mail: lexxik_l@mail.ru

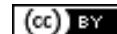
Lyudmila A. Popova, PhD in Economics, senior researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, Russian Federation, 163032, e-mail: dirnauka@fciaarctic.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3764-9017>

✉ – Для контактов / Corresponding author

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.385-392>

УДК 631.452:631.559.2:633.31/37



Влияние минеральных удобрений и известкования на свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в условиях Республики Коми

© 2021. Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Российская Федерация

Исследования проводили в 1998-2018 гг. в условиях Республики Коми. Изучали эффективность однократного внесения (1983 г.) доз извести (по 1,0; 2,0; 2,5 г. к.) и систематического использования минеральных удобрений ($N_{60}P_{75}K_{75}$) на фоне последействия извести при возделывании многолетней травосмеси (клевер луговой, тимофеевка луговая и ежка сборная). Высокую эффективность показало известкование в дозах 2,0 и 2,5 г. к., которые по истечению 35 лет после их внесения в почву продолжали действовать. В 2018 году обменная кислотность составила 4,5-4,8 ед. рН_{KCl} (исходная 4,1-4,2 ед. рН_{KCl}). Подобное снижение отмечено и по гидролитической кислотности и содержанию обменного алюминия в почве. Количество гумуса к 2018 году повысилось до 1,7-1,8 % (исходное 1,4-1,5 %). Средняя урожайность многолетних трав при известковании почвы в дозах 2,0 и 2,5 г. к. составила 24,0-25,1 т/га зеленой массы (5,3-5,5 т/га сухого вещества хорошего качества), что на 52,8-59,8 % выше варианта без удобрений (15,7 т/га зеленой массы и 3,7 т/га сухого вещества). В варианте с систематическим применением NPK обменная кислотность почвы и содержание гумуса практически остались на исходном уровне, количество подвижных форм фосфора и калия повысилось до 198 и 121 мг/кг почвы (исходное 42 и 62 мг/кг). Среднегодовая урожайность трав составила 25,3 т/га зеленой массы (5,4 т/га с. в.) и на 61,1 и 45,9 % превышала контроль. На фоне последействия известняковой муки влияние NPK на свойства почвы было аналогичным эффекту от известкования без внесения удобрений, за исключением значительного повышения обеспеченности подвижными формами фосфора и калия – до 254-288 и 148-166 мг/кг соответственно. Получена высокая урожайность зеленой массы 28,1-30,7 т/га (6,4-6,7 т/га с. в.), превышающая контроль на 78,9-95,5 %. В указанных вариантах получена травосмесь с высоким качеством: содержание сырого протеина – 13,8-13,9 %; сухого вещества – 21,8-21,9 %; общего фосфора – 0,92-0,94 %; калия – 2,93-2,95 % и кальция – 0,79-0,81 %. Количество нитратов в корме не превышало ПДК (147-149 мг/кг с. м.). Длительные исследования на дерново-подзолистой слабоокультуренной почве показали, что оптимальным приемом при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси явилось использование известняковой муки (по 2,0 и 2,5 г. к.) и ежегодное применение $N_{60}P_{75}K_{75}$.

Ключевые слова: обменная и гидролитическая кислотность, известь, минеральные удобрения, сырой протеин, кальций, нитраты, подвижные формы фосфора и калия

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания (тема № 0333-2019-0008).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чеботарев Н. Т., Броварова О. В. Влияние минеральных удобрений и известкования на свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в условиях Республики Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):385-392. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.385-392>

Поступила: 25.03.2021 Принята к публикации: 01.06.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The effect of mineral fertilizers and liming on the properties of sod-podzolic soils and the productivity of legume-grass mixture in the conditions of the Komi Republic

© 2021. Nikolay T. Chebotarev, Olga V. Brovarova

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

The research was carried out in 1998-2018 in the conditions of the Komi Republic. Under study was the effectiveness of single application (1983) of lime doses (1.0; 2.0; 2.5 h. a.) and the systematic use of mineral fertilizers ($N_{60}P_{75}K_{75}$) against the background of lime effect in the cultivation of perennial grass mixtures (meadow clover, meadow timothy and cocksfoot). High efficiency was shown by liming at doses of 2.0 and 2.5 h. a., the effect remained for 35 years since their introduction to the soil. Thus, in 2018, the exchange acidity was 4.5-4.8 pН_{KCl} (the initial 4.1-4.2 pН_{KCl}). A similar decrease was observed

in the hydrolytic acidity and the content of exchangeable aluminum in the soil. The amount of humus by 2018 increased to 1.7-1.8 % (the initial 1.4-1.5 %). The average yield of perennial grasses during soil liming at doses of 2.0 and 2.5 h.a. was 24.0-25.1 t/ha of green mass (5.3-5.5 t/ha of good quality dry matter), which is 52.8-59.8 % higher than the variant without fertilizers (15.7 green mass and 3.7 t/ha of dry matter). In the variant with the systematic use of NPK, the exchange acid content of the soil and the humus content remained at the initial level, the amount of the mobile forms of phosphorus and potassium increased to 198 and 121 mg/kg of soil (the initial 42 and 62 mg/kg). The average annual yield of grasses was 25.3 t/ha of green mass (5.4 t/ha dry matter) and was 61.1 and 45.9 % higher than the control. Against the background of the aftereffect of lime flour, the effect of NPK on soil properties was similar to the effect of non-fertilizing cultivation, with the exception of a significant increase in the availability of mobile forms of phosphorus and potassium – up to 254-288 and 148-166 mg/kg, respectively. A high yield of green mass of 28.1-30.7 t/ha (6.4-6.7 t/ha dry matter) was obtained, exceeding the control by 78.9-95.5 %. In these variants, grass mixture of high quality was obtained: the content of crude protein – 13.8-13.9 %; dry matter – 21.8-21.9 %; the content of total phosphorus – 0.92-0.94 %; potassium – 2.93-2.95 % and calcium – 0.79-0.81 %. The amount of nitrates in the feed did not exceed the MPC (147-149 mg/kg dry matter). Long-term studies on sod-podzolic poorly cultivated soil showed that the optimal method for the cultivation of long-term legume-cereal grass mixture was the use of lime flour (2.0 and 2.5 h.a.) and the annual use of N₆₀P₇₅K₇₅.

Keywords: exchangeable and hydrolytic acidity, lime, mineral fertilizers, crude protein, calcium, nitrates, mobile forms of phosphorus and potassium

Acknowledgement: the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment (theme No. 0333-2019-0008).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Chebotarev N. T., Brovarova O. V. The effect of mineral fertilizers and liming on the properties of sod-podzolic soils and the productivity of legume-grass mixtures in the conditions of the Komi Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):385-392. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.385-392>

Received: 25.03.2021

Accepted for publication: 01.06.2021

Published online: 23.06.2021

Республика Коми расположена на крайнем Северо-Востоке европейской части Российской Федерации, что определяет относительную суровость ее природных почвенно-климатических условий [1]. Почвы на территории республики изменяются в зависимости от характера рельефа, климата, материнских пород, водного режима, органического мира. В тундровой зоне основной тип почв – глеевые подзолистые почвы, отличающиеся сильным переувлажнением, слабым накоплением органической массы. Территория Республики Коми представлена в основном типичными подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами, которые характеризуются недостатком азота и подвижных соединений фосфора и калия, высокой кислотностью, губительно действующей на растительность и полезную микрофлору, а также на образование и накопление органического вещества в верхних слоях почвы. Недостаток минеральных удобрений в российском земледелии, обусловленный экономическими причинами, повышает значение методов экологически адаптивного управления процессами воздействия извести в сочетании с минеральными удобрениями на почвенно-растительную систему для сохранения и увеличения плодородия кислых дерново-подзолистых почв, получения высокой про-

дуктивности и устойчивости агроэкосистем к стрессовым ситуациям в условиях Севера.

Внесение извести в почву нормализует ее кислотность, улучшает структуру верхнего плодородного слоя, попутно обогащая его кальцием, значительно снижая обменную и гидролитическую кислотность, и увеличивает степень насыщенности основаниями¹. Известкование оказывает многостороннее действие на свойства почвы, создает благоприятную среду для роста растений и жизнедеятельности полезных микроорганизмов. При внесении извести снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия, железа и марганца, они переходят в нерастворимую форму и поэтому устраняется вредное действие на растения [2, 3].

Продолжительность действия известковых материалов зависит от их вида, нормы внесения и выращиваемых культур [4, 5]. Важные изменения физико-химических параметров дерново-подзолистых почв происходят при внесении полной дозы извести и проявляются в течение 15-20 лет [6, 7, 8].

Многолетнее использование минеральных удобрений в комплексе с известкованием позволяет создать благоприятные условия для улучшения почвенного плодородия [9, 10, 11] и питания растений [12, 13, 14, 15].

¹Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.

В данной научной работе представлены многолетние исследования по использованию минеральных удобрений на фоне известкования дерново-подзолистых почв Республики Коми.

Цель исследований – изучить влияние систематического применения химических удобрений на фоне последействия известняковой муки на физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность многолетних трав.

Материал и методы. Исследования проводили в период 1998-2018 гг. в полевом стационарном опыте Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН Республики Коми по методике Б. А. Доспехова².

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, характеризующаяся до закладки опыта низким уровнем плодородия со следующими физико-химическими показателями: pH_{KCl} 4,1-4,3; содержание гумуса – 1,3-1,6 %; гидролитическая кислотность – 5,6-6,0 ммоль/100 г почвы; степень насыщенности основаниями (Ca + Mg) – 42-45 %; содержание в почве подвижного фосфора – 32-44 мг/кг; обменного калия – 49-77 мг/кг и обменного алюминия – 0,8-2,8 ммоль/100 г почвы.

В качестве мелиоранта однократно (1983 г.), в год закладки опыта, внесли известь нейтрализующей способностью 92 % в дозах 1,0; 2,0 и 2,5 величины гидролитической кислотности (г. к.). В последующие годы изучали последствие указанных доз извести.

Схема опыта: без удобрений (контроль); известь 1,0 г. к.; известь 2,0 г. к.; известь 2,5 г. к.; $N_{60}P_{75}K_{75}$; известь 1 г. к. + $N_{60}P_{75}K_{75}$; известь 2,0 г. к. + $N_{60}P_{75}K_{75}$; известь 2,5 г. к. + $N_{60}P_{75}K_{75}$.

В 1998-2018 гг. изучали последействия трех доз извести без внесения минеральных удобрений, а также при ежегодном их применении ($N_{60}P_{75}K_{75}$) в форме аммиачной селитры (34 % д. в.), двойного суперфосфата (45 % д. в.) и хлористого калия (60 % д. в.). При пересеве многолетних трав (один раз в шесть лет) минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы. В другие годы исследований их применяли рано весной в начале вегетации, в подкормку (вручную, поделяочно).

На опытном участке за все годы исследований возделывалась бобово-злаковая травосмесь: клевер луговой Трио, тимофеевка луговая Северодвинская и ежа сборная Хлыновская. Норма высева травосмесей: клевер

луговой – 8 кг/га, тимофеевка луговая – 6 кг/га и ежа сборная – 6 кг/га.

Площадь делянки составила 50 м², повторность опыта четырехкратная. Учет урожайности сплошной поделяночный.

В научной работе использовали следующие методы анализов: в почве – гумус (ГОСТ 26213-91), гидролитическая кислотность (ГОСТ 27821-88); pH в солевой вытяжке (ГОСТ 26207-91); подвижные формы фосфора и калия (ГОСТ 26207-91); в растениях – азот общий фотоколориметрическим методом; сырая клетчатка по Геннебергу и Штоману; сырая зола сухим озолением в муфельной печи; общий фосфор (ГОСТ 26657-97); общий калий на пламенном фотометре после сухого озоления, сырой протеин расчетным методом, нитратный азот ионоселективным методом.

Результаты и их обсуждение. Систематические научные исследования показали, что известняковая мука, внесенная в 1983 г. в дозах 1,0; 2,0; 2,5 г. к., в различной степени влияла на физико-химические показатели дерново-подзолистой почвы.

Известь, внесенная в дозе 1,0 г. к., к 2000 г. нейтрализовала обменную кислотность до 4,8 ед. pH_{KCl} (табл. 1), но к 2010 году кислотность почвы повысилась до исходного значения и последующие восемь лет оставалась на этом уровне (4,2-4,3 ед. pH_{KCl}). В контроле показатели обменной кислотности были относительно стабильными.

Подобная закономерность отмечена и по гидролитической кислотности. Гидролитическая кислотность снизилась до 4,9 ммоль/100 г почвы (2000 г.) и стабилизировалась на этом уровне последующие 18 лет.

Длительное последействие извести на дерново-подзолистой почве привело к улучшению показателей кислотности пахотного слоя. Также известкование снизило количество обменного алюминия во всех вариантах опытного участка, положительный эффект заключается в том, что при этом улучшился катионный состав почвенного поглощающего комплекса в следствие замены ионов водорода и алюминия на катионы кальция, что привело к повышению степени насыщенности почвы основаниями. После внесения извести данные агрохимические показатели почвы сохраняются в течение ряда лет.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статической обработки результатов исследований). 5-е изд., дополненное и переработанное. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

**Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и извести на показатели кислотности дерново-подзолистой почвы /
Table 1 – The effect of mineral fertilizers and lime on the acidity of sod-podzolic soil**

Вариант / Variant	pH _{KCl}				Hr				Al			
					ммоль/100г почвы / mmol/100g of soil							
	1983	2000	2010	2018	1983	2000	2010	2018	1983	2000	2010	2018
Контроль / Control	4,1	4,1	4,2	4,1	5,8	6,6	5,5	5,8	0,8	0,6	0,5	0,6
Известь 1,0 г. к. / Lime 1.0 h. a.	4,2	4,8	4,2	4,3	5,6	4,9	4,8	4,9	2,8	0,8	0,4	0,7
Известь 2,0 г. к. / Lime 2,0 h.a.	4,2	5,4	4,8	4,5	5,7	4,8	4,4	4,3	2,4	0,6	0,2	0,4
Известь 2,5 г. к. / Lime 2.5 h. a.	4,1	5,6	5,1	4,8	5,9	4,7	4,2	4,0	1,6	0,4	0,5	0,6
N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	4,3	4,2	4,4	4,3	5,8	6,2	6,2	6,1	2,4	0,9	1,6	1,8
Известь 1,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 1.0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	4,1	5,1	4,8	4,4	5,6	4,8	4,3	4,1	2,7	0,7	0,6	0,7
Известь 2,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.0 h.a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	4,3	5,4	5,1	4,6	6,0	5,2	4,1	3,9	1,9	0,9	0,8	0,6
Известь 2,5 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.5 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	4,1	5,8	5,4	4,8	5,9	5,0	3,9	3,5	2,1	0,8	0,5	0,4
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,42	0,51	0,47	0,44	0,57	0,48	0,42	0,43	0,26	0,07	0,07	0,05

Самое длительное последействие извести (более 35 лет) наблюдалось при ее внесении в дозах 2,0 и 2,5 г. к. За период 1983-2018 гг. содержание гумуса в вариантах с тремя дозами

извести и контроле, как и количество подвижных форм фосфора и калия, изменилось незначительно, в пределах ошибки опыта (табл. 2).

**Таблица 2 – Влияние мелиорантов и минеральных удобрений на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы /
Table 2 – The effect of ameliorants and mineral fertilizers on agrochemical parameters of sod-podzolic soil**

Вариант / Variant	Гумус, % / Humus, %				P ₂ O ₅				K ₂ O			
					мг/кг почвы / mg/kg of soil							
1983	2000	2010	2018	1983	2000	2010	2018	1983	2000	2010	2018	
Контроль / Control	1,6	1,7	1,7	1,6	34	37	28	34	77	64	53	52
Известь 1,0 г. к. / Lime 1.0 h. a.	1,6	1,7	1,8	1,6	41	39	37	45	49	46	41	50
Известь 2,0 г. к. / Lime 2.0 h. a.	1,5	1,6	1,8	1,7	43	41	35	62	66	57	46	66
Известь 2,5 г. к. / Lime 2.5 h. a.	1,4	1,8	1,9	1,8	32	43	39	66	58	69	51	74
N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	1,4	1,5	1,6	1,4	42	126	144	198	62	92	112	121
Известь 1,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 1.0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	1,5	1,6	1,9	2,0	44	138	156	212	74	88	124	134
Известь 2,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	1,6	1,6	2,0	2,1	38	145	184	254	57	108	141	148
Известь 2,5 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.5 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	1,3	1,5	2,1	2,3	43	154	192	288	65	115	157	166

Таблица 3 – Влияние систематического применения минеральных удобрений и известковой муки на урожайность многолетних трав, т/га (2011-2018 гг.) /
Table 3 – The effect of systematic use of mineral fertilizers and lime flour on the yield of perennial grasses, t/ha (2011-2018)

Вариант / Variant	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 8 лет / Average yield over 8 years		Прибавка к контролю, % / Increase to control, %
									Среднее за 8 лет / Average yield over 8 years	Прибавка к контролю, % / Increase to control, %	
Контроль / Control	8,5 2,0	18,2 4,3	19,6 4,6	17,9 4,2	16,7 3,9	8,2 1,9	17,5 4,1	18,5 4,4	15,7 3,7	-	-
Известь 1,0 г.к / Lime 1,0 h.a	13,8 3,1	26,2 5,9	23,5 5,3	22,2 5,0	21,8 4,9	12,5 2,8	20,3 4,5	18,8 4,2	19,9 4,5	26,7 21,6	
Известь 2,0 г.к / Lime 2,0 h.a	14,6 3,2	28,8 6,4	26,2 5,8	25,6 5,7	23,3 5,2	15,6 3,5	27,2 6,0	30,4 6,7	24,0 5,3	52,8 43,2	
Известь 2,5 г.к / Lime 2,5 h.a	15,4 3,4	30,2 6,6	27,6 6,0	26,8 5,9	24,6 5,4	16,6 3,6	28,2 6,2	31,7 6,9	25,1 5,5	59,8 48,6	
N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	14,4 3,1	32,1 6,9	28,8 6,2	27,3 5,8	25,4 5,4	16,0 3,4	29,4 6,3	29,2 6,2	25,3 5,4	61,1 45,9	
Известь 1,0 г.к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 1,0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	18,3 4,1	33,6 7,6	31,2 7,1	30,5 6,9	29,6 6,7	17,1 3,9	31,0 7,0	33,5 7,6	28,1 6,4	78,9 72,9	
Известь 2,0 г.к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2,0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	21,0 4,6	34,8 7,6	35,4 7,7	32,6 7,1	30,6 6,7	20,7 4,5	34,4 7,5	35,8 7,8	30,7 6,7	95,5 81,0	
Известь 2,5 г.к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2,5 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	22,5 4,9	35,7 7,8	37,2 8,1	33,4 7,3	31,4 6,9	22,5 4,9	36,8 8,0	36,7 8,0	32,0 7,0	103,8 89,1	
HCP _{0,5} / LSD ₀₅	1,82 0,39	2,45 0,53	3,12 0,68	2,54 0,55	2,62 0,57	1,94 0,42	2,56 0,55	2,66 0,58	-	-	-

Примечания: в числителе – урожайность зеленой массы; в знаменателе – сухой массы / Note: in the numerator – yield of green mass; in the denominator – dry mass.

В вариантах внесения минеральных удобрений на фоне последействия извести количество гумуса, подвижного фосфора и калия повышалось за счет накопления объемов корнепоживных остатков, их гумификации и минерализации. В варианте только с минеральными удобрениями содержание гумуса практически не изменялось, а содержание подвижных форм фосфора и калия повышалось.

Применение минеральных удобрений, а также их совместное использование с известью способствовали резкому повышению урожайности многолетних трав (табл. 3). Так, в среднем за восемь лет (2011-2018 гг.) исследований при внесении трех доз извести урожайность зеленой массы многолетних трав составила 19,9-25,1 т/га (4,5-5,5 т/га сухой массы), что на 26,7-59,8 % превышало контроль (в контроле 15,7 т/га).

Применение минеральных удобрений без известкования повышало урожайность зеленой массы многолетних трав до 25,3 т/га (5,4 т/га сухой массы), что на 61,1 % превышало контрольный вариант. Большая часть многолетних злаковых и бобовых трав предпочитают окультуренные дерново-подзолистые почвы с кислотностью 5,1-5,5 ед. pH_{KCl} (со слабокислой реакцией среды), поэтому в вариантах применения минеральных удобрений по фону известкования средняя урожайность многолетних трав увеличилась на 78,9-103,8 % (72,9-89,1 % сухой массы) и составила 28,1-32,0 т/га зеленой массы трав (6,4-7,0 т/га сухой массы).

Резкое увеличение урожайности многолетних трав произошло за счет снижения кислотности почвы, но в большей степени за счет трансформации корнепоживных остатков. В данном случае наблюдается процесс накопления органического вещества почвы, то есть формирование гумуса происходило за счет корнепоживных остатков растений. В случае с выращиванием многолетней травосмеси основная масса органики и гумус в пахотном слое почвы формируется за счет корневых систем

высших растений, которые под действием микроорганизмов, питательной средой которых является технический азот, способствуют минерализации органического вещества и переходу трудноусвояемых форм элементов питания в легкодоступные для растений.

Большое значение в сельскохозяйственном производстве наряду с получением высоких урожаев многолетних трав имеет их качество (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений и известняковой муки на химический состав многолетних трав, % на сухое вещество (в среднем за 2011-2018 гг.) /
 Table 4 – The effect of mineral fertilizers and lime flour on the chemical composition of perennial grasses, % per dry matter (average for 2011-2018)

Вариант / Variant	Сухое вещество / Dry matter	Азот / Nitrogen	Сырой протеин / Crude protein	Фосфор общ. / Phosphorus total	Калий общ./ Potassium total	Кальций / Calcium	Нитраты, мг/кг сырой массы / Nitrates, mg/kg of raw weight
Контроль / Control	23,7	1,65	10,3	0,72	2,03	0,68	95
Известь 1,0 г. к. / Lime 1.0 h. a.	22,6	1,77	11,1	0,76	2,06	0,72	104
Известь 2,0 г.к / Lime 2.0 h. a.	22,2	1,84	11,5	0,78	2,18	0,76	116
Известь 2,5 г.к / Lime 2.5 h. a.	21,9	1,91	11,9	0,81	2,31	0,77	124
N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	21,4	1,91	11,9	0,89	2,66	0,78	148
Известь 1,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 1.0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	22,7	1,96	12,3	0,91	2,82	0,77	137
Известь 2,0 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.0 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	21,8	2,23	13,9	0,94	2,93	0,79	149
Известь 2,5 г. к. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅ / Lime 2.5 h. a. + N ₆₀ P ₇₅ K ₇₅	21,9	2,26	13,8	0,92	2,95	0,81	147

Содержание сухого вещества при применении трех доз известняковой муки снижалось на 1,1-1,8 % и составило 21,9-22,6 % (в контроле 23,7 %). В вариантах с N₆₀P₇₅K₇₅, а также применения минеральных удобрений на фоне последействия извести содержание сухого вещества составило 21,4-22,7 %, что на 1,0-2,3 % ниже контроля.

Наиболее значимым показателем для кормления сельскохозяйственных животных является количество сырого протеина в корме. Его содержание в многолетних травах варьировало с 11,1 до 13,9 % (в контроле – 10,3 %). Наибольшее его количество отмечено в вариантах с дозами извести 2,0 и 2,5 г. к. + N₆₀P₇₅K₇₅ и составило 13,8-13,9 %. В этих

же вариантах отмечено наибольшее содержание фосфора – 0,92-0,94 % (в контроле – 0,72 %); калия 2,93-2,95 % (2,03 %) и кальция 0,79-0,81 % (0,68 %). Содержание нитратов в многолетних травах (147-149 мг/кг сырой массы) не превышало значений ПДК (250 мг/кг сырой массы)³.

Заключение. Длительное последействие трех доз извести (1,0, 2,0 и 2,5 г. к.) и применение NPK на фоне последействия мелиорантов снизило обменную и гидролитическую кислотности, а также количество обменного алюминия. Положительный эффект сохранялся для дозы 1,0 г. к. в течение 27 лет (до 2010 г.), а дозы 2,0 и 2,5 г. к. продолжали свое действие на протяжении 35 лет (до 2018 г.).

³ГОСТ Р 56912-2016. Зеленые корма. М.: Изд-во стандартов, 2016. 11 с.

Содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия в вариантах с тремя дозами извести и применением только минеральных удобрений изменялось в небольшой степени. Длительное применение NPK на фоне известкования способствовало повышению содержания гумуса на 0,5-1,0 %, количество подвижных форм фосфора и калия значительно повышалось за счет накопления корнепоживных остатков их гумификации и минерализации в почве.

Применение минеральных удобрений на фоне последействия извести способствовало значительному повышению урожайности многолетних трав и их качества. В наибольшей степени это относится к применению минеральных удобрений на фоне последействия высоких доз мелиорантов (2,0 и 2,5 г. к.) и является оптимальным приемом для возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей на кислых дерново-подзолистых почвах Севера.

Список литературы

1. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
2. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelhle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci.* 2017;(8):284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>
3. Минеев В. Г., Васильев В. А., Лукьяненков И. И., Попов П. Д., Семенов П. Я., Харламов В. А. Органические удобрения в интенсивном земледелии. М.: Колос, 1984. 157 с.
4. Елькина Г. Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. Екатеринбург.: УрО РАН, 2008. 276 с.
5. Шильников И. А., Сычев В. Г., Зеленов Н. А., Аканова Н. И. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. М.: ВНИИА, 2008. 340 с.
6. Витковская С. Е., Яковлев О. Н., Шаврина К. Ф. Влияние возрастающих доз доломитовой муки на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2016;(7):3-11.
- Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26470159>
7. Митрофанова Е. М. Влияние длительного применения минеральных удобрений и последействия извести на фосфатный режим дерново-поверхностно-подзолистой почвы Предуралья. *Агрохимия*. 2016;(7):36-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26470163>
8. Хомченко А. А., Булатова Н. В., Чеботарев Н. Т. Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства и продуктивность дерново-подзолистой почвы. *Земледелие*. 2016;(6):28-30. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-izvesti-i-mineralnyh-udobreniy-na-agrohimicheskie-svoystva-i-prodiktivnost-dernovopodzolistoy-pochvy4>
9. Завьялова Н. Е., Сторожева А. Н. Влияние длительного применения минеральных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. *Агрохимия*. 2015;(9):33-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24131693>
10. Афанасьев Р. А., Мерзляя Г. Е. Содержание подвижного калия в почвах при длительном применении удобрений. *Агрохимия*. 2013;(6):5-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19421520>
11. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Covercrop residueamount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*. 2017;(9):2316. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122316>
12. Титова В. И., Варламова Л. Д., Тюрикова Е. Г., Архангельская А. М., Нефедьева В. В. Изменение продуктивности культур и агрохимических показателей почвы в девятой ротации севооборота в многолетнем полевом опыте при применении удобрений. *Агрохимия*. 2013;(7):25-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19421536>
13. Митрофанова Е. Н., Васбиева М. Т. Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы при длительном применении органических и минеральных удобрений. *Агрохимия*. 2014;(9):13-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21987376>
14. Минеев В. Г., Гомонова Н. Ф. Действие и последействие удобрений на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. *Агрохимия*. 2005;(1):5-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9140429>
15. Криштапоните И., Майкштенене С. Влияние длительного применения различных систем удобрения на плодородие тяжелосуглинистой почвы и продуктивность севооборота. *Агрохимия*. 2005;(11):34-42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9150781>

References

1. *Pochvy i zemel'nye resursy Komi ASSR*. [Soils and land resources of the Komi ASSR]. Syktyvkar, 1975. 344 p.
2. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelhle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci.* 2017;(8):284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>

3. Mineev V. G., Vasil'ev V. A., Luk'yanenkov I. I., Popov P. D., Semenov P. Ya., Kharlamov V. A. *Organicheskie udobreniya v intensivnom zemledelii*. [Organic fertilizers in intensive agriculture]. Moscow: *Kolos*, 1984. 157 p.
4. El'kina G. Ya. *Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya rasteniy na podzolistykh pochvakh*. [Optimization of mineral nutrition of plants on podzolic soils]. Ekaterinburg.: *UrO RAN*, 2008. 276 p.
5. Shil'nikov I. A., Sychev V. G., Zelenov N. A., Akanova N. I. *Izvestkovanie kak faktor urozhaynosti i pochvennogo plodorodiya*. [Liming as a factor of productivity and soil fertility]. Moscow: *VNIIA*, 2008. 340 p.
6. Vitkovskaya S. E., Yakovlev O. N., Shavrina K. F. *Vliyanie vozrastayushchikh doz dolomitovoy muki na kislotno-osnovnye svoystva derno-podzolistoy pochy*. [The influence increasing doses of dolomite flour on acid-base properties of soddy-podzolic soil]. *Agrokhimiya*. 2016;(7):3-11. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26470159>
7. Mitrofanova E. M. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy i posledeystviya izvesti na fosfatnyy rezhim derno-poverkhnostno-podzolistoy pochy*. [The influence of oontinuous application of mineral fertilizers and aftereffect of lime on phosphate regime of soddy-shallow-podzolic soils of the Urals]. *Agrokhimiya*. 2016;(7):36-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26470163>
8. Khomchenko A. A., Bulatova N. V., Chebotarev N. T. *Vliyanie izvesti i mineral'nykh udobreniy na agrokhimicheskie svoystva i produktivnost' derno-podzolistoy pochy*. [Influence of lime and mineral fertilizers on the agrochemical properties and productivity of sod-podzol soil]. *Zemledelie*. 2016;(6):28-30. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-izvesti-i-mineralnyh-udobreniy-na-agrokhimicheskie-svoystva-i-prodiktivnost-dernovopodzolistoy-pochvy4>
9. Zav'yalova N. E., Storozheva A. N. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy na fosfatnyy rezhim derno-podzolistoy tyazhelosuglinistoy pochy*. [Phosphate regime of soddy-podzolic soil under the long-term use of mineral fertilizers]. *Agrokhimiya*. 2015;(9):33-40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24131693>
10. Afanas'ev R. A., Merzlaya G. E. *Soderzhanie podvizhnogo kaliya v pochvakh pri dlitel'nom primeneni udobreniy*. [Content of exchangeable potassium in soils under long-term fertilization]. *Agrokhimiya*. 2013;(6):5-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19421520>
11. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Covercrop residueamount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*. 2017;(9):2316. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122316>
12. Titova V. I., Varlamova L. D., Tyurnikova E. G., Arkhangel'skaya A. M., Nefed'eva V. V. *Izmenenie produktivnosti kul'tur i agrokhimicheskikh pokazateley pochy v devyatoy rotatsii sevooborota v mnogoletнем polevom opyte pri primenenii udobreniy*. [Changes of crops productivity and soil agrochemical parameters during the ninth cycle of crop rotation in a long-term field fertilization experiment]. *Agrokhimiya*. 2013;(7):25-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19421536>
13. Mitrofanova E. N., Vasbieve M. T. *Fosfatnyy rezhim derno-podzolistoy pochy pri dlitel'nom primeneni organiceskikh i mineral'nykh udobreniy*. [Phosphate regime of soddy-podzolic soil under the long-term use of organic and mineral fertilizers]. *Agrokhimiya*. 2014;(9):13-19. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21987376>
14. Mineev V. G., Gomonova N. F. *Deystvie i posledeystvie udobreniy na plodorodie derno-podzolistoy srednesuglinistoy pochy*. [Effect and after-effect of fertilization on the fertility of loamy soddy-podzolic soil]. *Agrokhimiya*. 2005;(1):5-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9140429>
15. Krishtaponite I., Maykshtenene S. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya razlichnykh sistem udobreniya na plodorodie tyazhelosuglinistoy pochy i produktivnost' sevooborota*. [The effect of the long-term application of different fertilizing systems on the fertility of clay loamy soil and the productivity of crop rotation]. *Agrokhimiya*. 2005;(11):34-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9150781>

Сведения об авторах

Чеботарев Николай Тихонович, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7074-2734>

✉ **Броварова Ольга Владиславовна**, кандидат хим. наук, младший научный сотрудник, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2225-4389>, e-mail: olbrov@mail.ru

Information about the authors

Nikolai T. Chebotarev, DSc in Agricultural Science, chief researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Rucheynaya St., 27, Syktyvkar, Russian Federation, 167023, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7074-2734>

✉ **Olga V. Brovarova**, PhD in Chemistry, junior researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Rucheynaya St., 27, Syktyvkar, Russian Federation, 167023, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2225-4389>, e-mail: olbrov@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы на урожайность и фитопатологическую характеристику клубней картофеля

© 2021. В. И. Титова[✉], Э. Т. Акопджанян

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Полевой опыт по выявлению различий в действии гербицида и внекорневой подкормки растений жидким азотным удобрением (КАС-32) на фоне осенней обработки почвы культиватором или плугом на урожайность картофеля и фитопатологические характеристики клубней во время хранения проведен в 2019-2020 гг. в Нижегородской области. Опыт заложен на дерново-подзолистой супесчаной почве в производственных условиях на двух сортах картофеля – очень раннем сорте Коломба и среднераннем сорте Инноватор, выращиваемых на семена. Испытуемые варианты – поверхностное внесение почвенного гербицида Гезагард в баковой смеси с КАС-32; листовая подкормка растений КАС-32 (N42) в фазу вегетации на фоне N42P42K169 (хлористый калий осенью + нитроаммофоска весной). Результаты свидетельствуют, что фоновое удобрение обеспечивает получение урожая картофеля сорта Коломба 20,7-29,0 т/га, сорта Инноватор – 17,4-23,1 т/га. Использование гербицида более эффективно при осенней обработке почвы культиватором, обеспечивая прибавку урожайности 28-37 % на обоих сортах картофеля, подкормка растений КАС-32 способствует приросту урожайности (8-10 %) только сорта Коломба. Обработка почвы под картофель плугом позволяет избежать повреждения клубней сельскохозяйственными вредителями и способствует снижению их поражаемости ризоктониозом на 6-27 % и мокрой гнилью – до 55 %. В целом установлено, что за счет осенней вспашки при внесении удобрений в дозе N42P42K169 можно получить прибавку урожая картофеля, превышающую прибавку, обеспечиваемую как гербицидом, так и использованием листовой подкормки картофеля.

Ключевые слова: удобрения, почвенный гербицид, способы обработки почвы, урожайность, сорта картофеля, ризоктониоз, бактериозы

Благодарности: работа выполнена при поддержке ООО «Аксентис» (Нижегородская область).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Титова В. И., Акопджанян Э. Т. Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы на урожайность и фитопатологическую характеристику клубней картофеля. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):393-400. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.393-400>

Поступила: 17.03.2021

Принята к публикации: 18.05.2021

Опубликована онлайн: 23.06.2021

Influence of fertilizers and of the autumn tillage method on potato yield and phytopathologic characteristics of tubers

© 2021. Vera I. Titova[✉], Eric T. Akopdzhanyan

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhniy Novgorod, Russian Federation

The field experiment on identifying differences in the effect of the herbicide and foliar feeding of plants with liquid nitrogen fertilizer (UAN-32) against the background of autumn tillage with a cultivator or plow on potato yield and phytopathologic characteristics of tubers during storage was carried out in 2019-2020 in the Nizhny Novgorod region. The experiment was laid on sod-podzolic sandy loamy soil in production conditions on two varieties of potato – the super-early Colomba variety and the medium-early Innovator variety grown for seeds. The variants under study were surface application of the soil herbicide Gezagard in a tank mixture with UAN-32 and foliar feeding of plants with UAN-32 (N42) during the growing season against the background of N42P42K169 (calcium chloride in autumn + ammonium nitrate phosphate in spring). The results indicate that the background fertilization provides the yield of Colomba variety potato of 20.7-29.0 t/ha, the Innovator variety – 17.4-23.1 t/ha. The use of the herbicide is more effective during autumn tillage with a cultivator, providing an increase in yield of 28-37 % on both potato varieties, feeding of plants with UAN-32 contributes to an increase in yield (8-10 %) only on the Colomba variety. Plowing the soil for potatoes helps to avoid the pest damage of tubers and to reduce their susceptibility to rhizoctonia by 6-27 %, to wet rot – up to 55 %. In general, it has been established that due to autumn plowing with fertilization at a dose of N42P42K169, it is possible to obtain an increase in potato yield exceeding the increase provided both by herbicides and the use of foliar feeding of potatoes.

Keywords: fertilizers, soil herbicide, soil cultivation methods, yield, potato varieties, rhizoctonia disease, bacterioses

Acknowledgments: the work was supported by LLC «Aksentis» (Nizhny Novgorod region).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Titova V. I., Akopdzhanyan E. T. Influence of fertilizers and of the autumn tillage method on potato yield and phytopathologic characteristics of tubers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):393-400. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.393-400>

Received: 17.03.2021

Accepted for publication: 18.05.2021

Published online: 23.06.2021

В последние годы в некоторых хозяйствах с целью экономии средств на производство урожая картофеля стали вместо зяблевой вспашки использовать глубокое рыхление культиватором на глубину 25 см, но без обрата пласта. Признавая при этом, что такая обработка может повысить засоренность посевов, о чем свидетельствует ряд публикаций [1, 2, 3, 4, 5, 6], в технологии возделывания картофеля стали рекомендовать использование почвенных гербицидов [7, 8, 9] и подкормок растений во время вегетации различными удобрениями [10, 11, 12, 13]. Последнее, в свою очередь, требует проведения исследований по эффективности включения в технологию возделывания культуры как изменений в системе обработки почвы, так и введения в неё новых агрохимических приёмов.

Цель исследования – выявление различий в действии почвенного гербицида Гезагард и внекорневой подкормки растений жидким азотным удобрением (КАС-32) на фоне разных способов глубокой осенней обработки почвы (культивации или вспашки) на урожайность картофеля, выращиваемого на семена, и фитопатологические характеристики клубней во время хранения.

Материал и методы. Объектом изучения были сорта картофеля селекции голландской компании HZPC Holland B. V.: очень ранний Коломба и среднеранний Инноватор.

Опыты заложены в 2019-2020 гг. в производственных посевах, каждый сорт на отдельном поле, площадь делянки 360 м², повторность 3-кратная. Посадку картофеля с междурядьями 90 см выполняли сажалкой Grimme GL-34 с использованием системы навигации StarFire 3000, устанавливаемой на тракторах John Deere, которая позволяет автоматически, по заранее разработанному сценарию (с учетом длины гона), отключать подачу семян в гряду. Уборку проводили сплошным методом с помощью

двуярдного прицепного картофелеуборочного комбайна Grimme SE-150-60 с полным учетом урожая со всей делянки. Продолжительность вегетации картофеля сорта Коломба составила 59-60 дней, сорта Инноватор – 71-74 дня.

Схема опыта представлена в таблице 1. Хлористый калий (100 кг/га по д. в.) внесен под глубокую обработку почвы (25 см) после ярового ячменя культиватором Lemken Karat 5 (фон А) или плугом Lemken EuroOpal 6 (фон Б). Весной во всех вариантах опыта разбросным способом фоном внесли нитроаммофоску (14-14-23) в дозе N₄₂P₄₂K₆₉. Общая доза фонового удобрения составила N₄₂P₄₂K₁₆₉. Почвенный гербицид Гезагард (3,2 л/га при норме расхода жидкости 300 л/га) вносили поверхность в баковой смеси с жидким азотным удобрением – карбамидно-аммиачной селитрой (КАС-32, 40 л/га, N₁₃), которую использовали для стимуляции всходов сорняков перед началом действия гербицида. В фазу начала бутонизации в третьем варианте провели внекорневую подкормку растений КАС-32 (100 л/га при норме расхода жидкости 500 л/га, N₃₂) с использованием самоходного опрыскивателя John Deere 4730. Общая доза удобрений в варианте 3 составила N₈₇P₄₂K₁₆₉.

Погодные условия вегетационных периодов лет исследований характеризовались холодной весной и жарким, засушливым летом: в 2019 году выпало 157 мм, в 2020 году 202 мм осадков при необходимых этой культуре примерно 300-400 мм. По сумме температур вегетационный период 2019 года был более жарким (1764 °C), чем 2020 года (1599 °C), что полностью удовлетворяло потребности культуры.

Почва дерново-подзолистая супесчаная, среднекислая (рН солевой вытяжки 4,7-4,9) с повышенным содержанием подвижных соединений фосфора и калия (115-148 и 117-142 мг/кг соответственно), с низким содержанием гумуса (1,2-1,6 %).

¹Почвенный системный гербицид избирательного действия, применяемый в посевах двудольных культур против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Препартивная форма представляет собой концентрат суспензию. Препарат не пенится и хорошо растворяется в воде. Действующее вещество – прометрин (500 г/л) химического класса триазины.

Фитопатологическую характеристику клубней перед закладкой на хранение проводили в соответствии с требованиями ГОСТ². Для исследования были взяты на контроль 3 показателя, проявление которых в наибольшей степени связано с изучаемыми факторами. Согласно ряду публикаций [3, 6], способами осенней обработки почвы под картофель

и присутствие азотных удобрений в системе его удобрения могли сказаться на проявлении ризоктониоза, мокрой гнили и повреждении клубней сельхозвредителями.

Результаты и их обсуждение. Данные по уборочной урожайности картофеля приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность сортов картофеля при разных способах осенней обработки почвы, использовании гербицида и внекорневой подкормки азотом, т/га (среднее за 2019-2020 гг.) /

Table 1 – The yield of potato varieties by different methods of autumn tillage, use of herbicide and foliar application with nitrogen, t/ha (average for 2019-2020)

Вариант опыта / The experiment variant	Фон А – Культивация / Background A – Cultivation		Фон Б – Вспашка / Background B – Plowing		Прибавка урожая на фоне Б / Yield increase against the background B		
	среднее / average	± к варианту / ± to variant	среднее / average	± к варианту / ± to variant	1	2	
		1		2			
<i>Коломба, опыт 1 / Colomba, experiment 1</i>							
1. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉	20,7	-	-	29,0	-	-	8,3
2. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃)	28,3	7,6	-	33,4	4,4	-	5,1
3. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) [*] + N ₃₂ ^{**} / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃) [*] + N ₃₂ ^{**}	31,1	10,4	2,8	36,0	7,0	2,6	4,9
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	2,3		2,4			-	
<i>Инноватор, опыт 2 / Innovator, experiment 2</i>							
1. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉	17,4	-	-	23,1	-	-	5,7
2. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃)	22,3	4,9	-	26,4	3,3	-	4,1
3. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) [*] + N ₃₂ ^{**} / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃) [*] + N ₃₂ ^{**}	23,4	6,0	1,1	27,8	4,7	1,4	4,4
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	2,0		2,4			-	

*баковая смесь (гербицид Гезагард и карбамидно-аммиачная селитра); **внекорневая подкормка карбамидно-аммиачной селитрой / * tank mixture (herbicide Gezagard and urea-ammonium nitrate); ** foliar feeding with urea-ammonium nitrate

В целом среднеранний сорт картофеля Инноватор во всех вариантах с разной удобренностю и при разных способах осенней обработки почвы дает в условиях хозяйства меньшую урожайность, чем очень ранний сорт Коломба.

Полученные в опытных условиях данные показывают, что применение гербицида Гезагард (действующее начало прометрин) на сорте Коломба (опыт 1, вар. 2), в сравнении с вариантом без него (вар. 1), приводит к достоверному увеличению урожайности при любой глубокой осенней обработке почвы. Однако при осенней культивации (фон А) Гезагард способствовал увеличению урожайности на

37 %, а при зяблевой вспашке (фон Б) – на 15 %, т. е. гербицид был более эффективен при использовании его по фону осенней культивации.

Такая эффективность связана в первую очередь с тем, что при вспашке происходит оборот пласта, большая часть семян сорняков при этом помещается в нижние слои пахотного слоя. В силу глубокого залегания они прорастают гораздо медленнее или не прорастают вовсе [1]. А при культивации семена сорняков и стерня перемешивались, их смесь распределялась по всему пахотному горизонту, что способствовало активному распространению сорной растительности, решение этой проблемы достигнуто применением гербицида.

²ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». М.: Стандартинформ, 2020. 45 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143601>

Внесение азотного удобрения в подкормку в варианте 3 позволило улучшить обеспеченность картофеля азотом в сравнении с вариантом 2 и повысить долю азота в общей сумме элементов питания до 30 %. Доза удобрений стала равна $N_{87}P_{42}K_{169}$, а соотношение N:K как 1:2, вследствие чего оно стало более приемлемым для выращивания семенного картофеля, в технологии возделывания которого калий имеет превалирующее положительное значение [14]. Эффект от листовой подкормки растений картофеля азотом карбамидно-аммиачной селитры был достоверен и не зависел от способа осенней обработки почвы – прибавка к варианту без подкормки (вар. 2) составила 8-10 %.

В опыте 2 с сортом картофеля Инноватор были получены несколько иные результаты. Эффект от применения почвенного гербицида в сравнении с вариантом без него также, как и у сорта Коломба, был выше при выращивании культуры по осенней культивации почвы (28 % к урожайности в вар. 1), чем при её зяблевой обработке (14 % к вар.1). Однако азотная подкормка картофеля среднераннего сорта Инноватор была неэффективной. Основной причиной этого стал рост сорняков во вторую волну, которые стали конкурентами растений картофеля в потреблении азота. Наблюдениями

во время вегетации было отмечено, что на фоне культивации при внесении азотного удобрения в подкормку засоренность посадок картофеля сорта Инноватор была выше, чем сорта Коломба, на 14 шт/м² (26 %).

Установлено, что за счет осенней вспашки при внесении удобрений в дозе $N_{42}P_{42}K_{169}$ можно получить прибавку урожая картофеля, превышающую прибавку, обеспечиваемую как гербицидом, так и использованием листовой подкормки картофеля (фон Б к фону А).

Известно, что картофель подвержен поражению болезнями [15, 16, 17, 18], среди которых фитофтороз (*Phytophthora infestans*) и ризоктониоз (*Rhizoctonia solani*) занимают лидирующие позиции. И если для борьбы с фитофторозом в настоящее время существуют эффективные фунгициды, то борьба с ризоктониозом сильно осложнена способностью гриба зимовать в виде склероциев как на клубнях, так и в почве [15]. Это предопределяет контроль развития болезни не только во время вегетации растений, но и в процессе хранения клубней, что особенно важно для семенного картофеля.

Результаты оценки фитопатологического состояния семенной фракции клубней картофеля спустя месяц (01.11.2020 г.) после их закладки на хранение приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Фитопатологическая характеристика семенной фракции клубней сортов картофеля спустя месяц после закладки их на хранение, % (2020 г.) /

Table 2 – Phytopathologic characteristics of the seed fraction of potato varieties tubers one month later they were laid for storage, % (2020)

Вариант опыта / Experiment variant	Мокрая гниль / Wet rot		Ризоктониоз / Rhizoctonia		Повреждения** / Damage **	
	фон / background		фон / background		фон / background	
	A / A	B / B	A / A	B / B	A / A	B / B
<i>Коломба / Colomba</i>						
1. $N_{42}P_{42}K_{169}$	1,1	0,2	16,2	4,4	2,5	0
2. $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Гербицид} + N_{13}) /$ $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Herbicide} + N_{13})$	0,8	0,2	17,5	3,5	2,5	0
3. $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Гербицид} + N_{13}) + N_{32} /$ $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Herbicide} + N_{13}) + N_{32}$	1,2	0,5	18,1	3,1	2,4	0
ГОСТ*, не более / GOST*, no more	1,0		3,0		2,0	
<i>Инноватор / Innovator</i>						
1. $N_{42}P_{42}K_{169}$	1,1	0,6	14,0	1,2	1,6	0
2. $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Гербицид} + N_{13}) /$ $NPK + (\text{Herbicide} + N_{13})$	1,1	0,1	14,8	0,9	1,8	0
3. $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Гербицид} + N_{13}) + N_{32} /$ $N_{42}P_{42}K_{169} + (\text{Herbicide} + N_{13}) + N_{32}$	1,4	0,2	15,3	0,9	1,9	0
ГОСТ*, не более / GOST*, no more	1,0		5,0		2,0	

* ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества / GOST 33996-2016 “Seed potatoes. Specifications and methods for determining quality; ** – повреждения сельхозвредителями / damage by agricultural pests

Согласно полученным данным, среди контролируемых показателей фитопатологической характеристики семенных клубней картофеля наиболее негативные проявления касаются *ризоктониоза* – по этому показателю отмечено максимальное количество превышений ГОСТ 33996-2016. Особенно велики показатели пораженности клубней ризоктонией при выращивании картофеля по фону осенней обработки почвы культиватором: доля клубней, пораженных этим возбудителем, в таком случае в 5-6 раз превышает нормативные требования по сорту Коломба и в 3 раза – сорту Инноватор.

Причина этого, вероятнее всего, кроется как в характеристике предшественника (послеборочные остатки ячменя, заделываемые в почву при её осенней обработке), так и в возможности передачи инфекции с посадочным материалом и от больных клубней. Известно, что циркуляция возбудителя в природе происходит благодаря сочетанию почвенного и клубневого механизма передачи [15, 16, 17]. В случае с обработкой стерни после возделывания ячменя с использованием культиватора, который рыхлит почву, но оставляет растительные остатки в верхнем слое почвы, они только усиливали друг друга, в том числе и за счет нахождения пораженных и незараженных клубней в хранилище в едином пространстве.

Глубокая обработка почвы позволяет значительно снизить проявление болезни: на очень раннем сорте Коломба в 4-6 раз, а на среднераннем Инноватор – в 12-17 раз. Более того, при выращивании сорта Инноватор по вспашке можно получить клубни с минимальным проявлением ризоктониоза, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 33996-2016. При этом

применение гербицида и подкормка растений КАС-32 на фоне глубокой обработки почвы под картофель плугом способствовали некоторому снижению поражения клубней ризоктониозом, а на фоне обработки почвы культиватором – тенденции повышения поражения.

Проявление *мокрой гнили* клубней было незначительным и не выходило за пределы нормативных требований при выращивании картофеля по вспашке. К периоду реализации продукции, клубней с признаками мокрой гнили было в 1,5-2 раза более норматива, допустимого ГОСТом, именно при выращивании картофеля на фоне обработки почвы культиватором. При хранении клубней мокрой гниль на сортах картофеля проявлялась одинаково и значительно слабее, чем ризоктониоз.

Обработка почвы плугом с оборотом пласта позволила вырастить картофель с полным отсутствием признаков *повреждения клубней сельхозвредителями*. Это происходит за счет более полного уничтожения личинок зимующих вредных насекомых (озимая совка, жук-щелкун, майский жук и др.), благодаря их перемещению в более глубокие слои почвы, где их жизнедеятельность затруднительна или невозможна. При осенней обработке почвы культиватором количество поврежденных клубней сорта Коломба превысило нормативные требования, а у сорта Инноватор приблизилось к ним, практически достигнув критического значения.

В исследовании был сделан учет количества клубней с признаками поражения мокрой гнилью во временной динамике – через 3 месяца после закладки клубней на хранение (табл. 3).

**Таблица 3 – Пораженность семенной фракции клубней картофеля мокрой гнилью при хранении, % (2021 г.) /
Table 3 – Damage to the seed fraction of potato tubers with wet rot during storage, % (2021)**

Вариант опыта / Experiment variant	Коломба / Colomba				Инноватор / Innovator			
	фон А / background A	фон Б / background B	фон А / background A	фон Б / background B	фон А / background A	фон Б / background B	фон А / background A	фон Б / background B
1. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉	01.02. 2021 г.	прирост* / growth rate	01.02. 2021 г.	прирост* / growth rate	01.02. 2021 г.	прирост* / growth rate	01.02. 2021 г.	прирост* / growth rate
2. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃)	1,2	0,4	0,4	0,2	1,2	0,1	0,4	0,3
3. N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Гербицид + N ₁₃) + N ₃₂ / N ₄₂ P ₄₂ K ₁₆₉ + (Herbicide + N ₁₃) + N ₃₂	2,1	0,9	1,2	0,7	1,8	0,4	0,7	0,5
ГОСТ 33996-2016 / GOST 33996-2016					Не более 1,0 / No more than 1.0			

* – Прирост по сравнению с датой учета 01.11.2020 г. / Increase compared to the accounting date of 01.11.2020

Данные свидетельствуют о нарастании проявления мокрой гнили на клубнях картофеля обоих сортов. Одной из причин повышения пораженности клубней мокрой гнилью может быть азот. Известно [18], что при внесении азотных удобрений клубни становятся более уязвимы к различным фомозным и фузариозным грибам, тем самым способствуя вторичному заражению бактериозами, фитофторой и черной ножкой. Также при увеличении дозировки азота уменьшается содержание сухого вещества в клубнях, они становятся более водянистыми [14], что, в свою очередь, через механические повреждения во время уборки способствует более интенсивному заражению патогенами.

Наблюдения за развитием мокрой гнили во времени позволили констатировать, что на клубнях вариантов 1 (N_{42}) и 2 (N_{55}) комплекс патогенов, приводящих к проявлению на клубнях мокрой гнили, распространяется слабее, чем на клубнях варианта 3 (N_{100}).

Интенсивность развития патогена у сорта Коломба от использования КАСа в подкормку увеличилась в 2 раза, а продукция с этого варианта по проявлению мокрой гнили не соответствовала ГОСТу, превышая нормативные требования на 0,2-1,1 %. Установлено при этом, что чем выше доза азота, тем выше интенсивность развития мокрой гнили во время хранения. Причем данная тенденция более проявляется в вариантах с культивацией, нежели со вспашкой.

Такая же тенденция сохраняется и у сорта Инноватор, хотя она менее выражена, чем у сорта Коломба. Прирост количества клубней с мокрой гнилью в опыте 2 на фоне культивации составляет 0,1-0,4 %, при вспашке – 0,1-0,5 %. То есть способ осенней обработки почвы под картофель на интенсивность развития мокрой гнили в течение периода хранения влияет слабо.

Выводы. 1. Применение гербицида Гезагард на картофеле высокоэффективно при обоих способах осенней обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы, но при обработке культиватором прибавка достигает 28-37 %, а плугом – 14-15 % к урожайности в варианте без использования гербицида. Урожайность в варианте без применения гербицида состав-

ляет 20,7 т/га у сорта Коломба и 17,4 т/га у сорта Инноватор.

2. Эффект от внекорневой подкормки растений картофеля азотом карбамидно-аммиачной селитры на очень раннем сорте Коломба не зависел от способа осенней обработки почвы – прибавка к варианту без подкормки составила 2,6-2,8 т/га, или 8-10 %. На среднепраренном сорте Инноватор азотная подкормка картофеля прибавки урожайности не дала.

3. Осенняя вспашка почвы под картофель в сравнении с культивацией, при внесении фонового удобрения в дозе $N_{42}P_{42}K_{169}$ до его посадки, дает возможность получить прибавку урожая клубней 5,7 т/га (Инноватор) – 8,3 т/га (Коломба), превышающую прибавку, обеспечиваемую как гербицидом (4,1 и 5,1 т/га), так и использованием листовой азотной подкормки картофеля (4,4 и 4,9 т/га) соответственно для сортов Инноватор и Коломба.

4. Спустя месяц после закладки картофеля на хранение фитопатологическая характеристика семенной фракции ухудшилась, особенно резко – в случае выращивания картофеля при осенней обработке почвы культиватором. По показателям «поражение мокрой гнилью» и «ризоктониоз» при обработке почвы культиватором отмечено превышение нормативов ГОСТ 33996-2016 у обоих сортов, а по показателю «повреждения сельхозвредителями» – сорта Коломба.

5. Обработка почвы под картофель плугом позволяет полностью избежать повреждения клубней сельхозвредителями и способствует снижению поражаемости семенных клубней ризоктониозом – на 6-9 % (Инноватор) и 17-27 % (Коломба); мокрой гнилью – на 9-55 % (Инноватор) и 18-42 % (Коломба) в сравнении с осенней обработкой почвы культиватором.

6. Интенсивность развития грибных патологий, отражаемых показателем «поражение мокрой гнилью», за 3-месячный период хранения повышается в 2 раза в массе урожая картофеля, убранного с варианта, где была проведена внекорневая подкормка растений КАС-32. Семена картофеля по этому показателю не удовлетворяют ГОСТ 33996-2016 и не подлежат реализации.

Список литературы

1. Кульгин В. А. Агротехнические приемы и продуктивность овощных культур и картофеля в условиях орошения. Плодородие. 2011;(2(59)):27-29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15797755>
2. Молявко А. А., Ториков В. Е., Марухленко А. В., Борисова Н. П. Засоренность картофеля при использовании гербицида Титус. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012;(3):6-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22893587>

3. Захаренко В. А. Гербициды в интегрированном управлении сорным компонентом агроэкосистем в условиях реформирования аграрного сектора России. Современные проблемы гербологии и оздоровление почв: мат-лы Междунар. научно-практ. конф. 21-23 июня 2016 г. Большие Вяземы: ВНИИФ, 2016. С. 36-43.
4. Qasem J. R. Herbicides Applications: Problems and Considerations, Herbicides and Environment. *Herbicides and Environment*. 2011;(32):643-664. DOI: <https://doi.org/10.5772/12960>
5. Raghavendra K. S., Gundappagol R. C. Effect of herbicides on soil microcosm, nodulation and yield in chickpea. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017;6(5):1649-1655.
URL: <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue5/PartX/6-5-118-428.pdf>
6. Шпанев А. М., Смук В. В., Фесенко М. А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений в посадках картофеля в Северо-Западном регионе. *Агрохимия*. 2017;(12):38-45.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30621299>
7. Конова А. М. Экологическая оценка комплексного применения удобрений и пестицидов в севообороте. *Плодородие*. 2010;(3(54)):8-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14866455>
8. Деревягина М. К., Васильева С. В., Зейрук В. Н., Белов Г. Л. Биологическая и химическая защита картофеля от болезней. *Агрохимический вестник*. 2018;(5):65-68. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36160904>
9. Титова В. И., Чудоквасов А. А. Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018;(6):9-12. DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026270001824-1>
10. Шитикова А. В., Черных А. С. Формирование урожая и качества клубней картофеля в зависимости от уровня минерального питания. *Плодородие*. 2013;(2(71)):12-13.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18908103>
11. Титова В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях. *Агрохимический вестник*. 2016;(1):2-7. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25940643>
12. Завалин А. А., Благовещенская Г. Г., Шмырева Н. Я., Чернова Л. С., Соколов О. А., Алферов А. А., Самойлов Л. Н. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии. *Агрохимия*. 2015;(5):83-95.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23420131>
13. Titova V. I., Chudokvasoff A.A. The influence of fertilizers and a complex of protection measures on crop capacity and quality of potato tubers of different varieties. *Russian agricultural Sciences*. 2019;45(1):16-20.
URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068367419010166>
14. Najm A. A., Hadi M. R. H. S., Fazeli F., Darzi M. T., Rahi A. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and cattle manure on the leaf chlorophyll, yield, and tuber glycoalkaloids of agria potato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2012;43(6):912-923. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.653027>
15. Гаспарян И. Н. Защита картофеля от ризоктониоза. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агронженерный университет имени В. П. Горячкina»*. 2014;(3):22-24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22767853>
16. Малюга А. А., Енина Н. Н., Щеглова О. В. Агротехнические и химические меры борьбы с ризоктониозом картофеля: рекомендации. *Россельхозакадемия, СибНИИЗиХ*. Новосибирск, 2010. 24 с.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23810837>
17. Малюга А. А., Якименко В. Н. Влияние калийных удобрений на поражаемость картофеля ризоктониозом в Западной Сибири. *Вестник защиты растений*. 2013;(3):45-50. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20289462>
18. Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. Картофель (возделывание, уборка, хранение). Изд. 3-е, дораб. и дополн. Минск: ЧУП «Орех», 2004. 465 с. Режим доступа: https://mirlib.ru/knigi/ogorod_i_hozyaistvo/215259-kartofel-vozdelyvanie-uborka-hranenie.html

References

1. Kulygin V. A. *Agrotehnicheskie priemy i produktivnost' ovoshchnykh kul'tur i kartofelya v usloviyakh orosheniya*. [Effect of agrotechnical practices on the yielding capacity of potato and vegetables under irrigation]. *Plodorodie*. 2011;(2(59)):27-29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15797755>
2. Molyavko A. A., Torikov V. E., Marukhlenko A. V., Borisova N. P. *Zasorenost' kartofelya pri ispol'zovanii gerbitsida Titus*. [Weediness of potatoes when using the herbicide Titus]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2012;(3):6-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22893587>
3. Zakharenko V. A. *Gerbitsidy v integrirovanom upravlenii sornym komponentom agroekosistem v usloviyakh reformirovaniya agrarnogo sektora Rossii*. [Herbicides in the integrated management of the weed component of agroecosystems in the context of reforming the agrarian sector of Russia]. *Sovremennye problemy gerbologii i ozdorovlenie pochv: mat-ly Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. 21-23 iyunya 2016 g.* [Modern problems of herbology and soil health: Proceedings of the International scientific and practical conf. June 21-23, 2016]. Bol'shie Vyazemy: VNII, 2016. pp. 36-43.
4. Qasem J. R. Herbicides Applications: Problems and Considerations, Herbicides and Environment. *Herbicides and Environment*. 2011;(32):643-664. DOI: <https://doi.org/10.5772/12960>
5. Raghavendra K. S., Gundappagol R. C. Effect of herbicides on soil microcosm, nodulation and yield in chickpea. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017;6(5):1649-1655.
URL: <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue5/PartX/6-5-118-428.pdf>
6. Shpanev A. M., Smuk V. V., Fesenko M. A. *Fitosanitarnyy effekt primeneniya mineral'nykh udobreniy v posadkakh kartofelya v Severo-Zapadnom regione*. [Phytosanitary effect of mineral fertilizers on the potato plantations in the North-West region]. *Agrokhimiya*. 2017;(12):38-45. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30621299>

7. Konova A. M. *Ekologicheskaya otsenka kompleksnogo primeneniya udobreniy i pestitsidov v sevooborote*. [Ecological assessment of the integrated application of fertilizers and pesticides in crop rotation]. *Plodorodie*. 2010;(3(54)):8-10. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14866455>
8. Derevyagina M. K., Vasil'eva S. V., Zeyruk V. N., Belov G. L. *Biologicheskaya i khimicheskaya zashchita kartofelya ot bolezney*. [Biological and chemical protection of potato from diseases]. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2018;(5):65-68. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36160904>
9. Titova V. I., Chudokvasov A. A. *Vliyanie udobreniy i kompleksa zashchitykh meropriyatiy na urozhaynost' i kachestvo klubney raznykh sortov kartofelya*. [The influence of fertilizers and protection measures complex on crop capacity and quality of potato tubers of different varieties]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2018;(6):9-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026270001824-1>
10. Shitikova A. V., Chernykh A. S. *Formirovaniye urozhaya i kachestva klubney kartofelya v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya*. [Formation of yield and the quality of potato tubers depending on the level of mineral nutrition]. *Plodorodie*. 2013;(2(71)):12-13. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18908103>
11. Titova V. I. *Osobennosti sistemy primeneniya udobreniy v sovremennykh usloviyakh*. [Particularities of fertilizer application in modern conditions]. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical Herald. 2016;(1):2-7. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25940643>
12. Zavalin A. A., Blagoveshchenskaya G. G., Shmyreva N. Ya., Chernova L. S., Sokolov O. A., Alferov A. A., Samoylov L. N. *Sovremennoe sostoyanie problemy azota v mirovom zemledelii*. [Current state of the problems of nitrogen in world agriculture]. *Agrokhimiya*. 2015;(5):83-95. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23420131>
13. Titova V. I., Chudokvasoff A. A. The influence of fertilizers and a complex of protection measures on crop capacity and quality of potato tubers of different varieties. Russian agricultural Sciences. 2019;45(1):16-20. URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068367419010166>
14. Najm A. A., Hadi M. R. H. S., Fazeli F., Darzi M. T., Rahi A. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and cattle manure on the leaf chlorophyll, yield, and tuber glycoalkaloids of agria potato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2012;43(6):912-923. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.653027>
15. Gasparyan I. N. *Zashchita kartofelya ot rizoktonioza*. [Protecting potatoes from rhizoctonia]. *Vestnik Federálnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»*. 2014;(3):22-24. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22767853>
16. Malyuga A. A., Enina N. N., Shcheglova O. V. *Agrotehnicheskie i khimicheskie mery bor'by s rizoktoniozom kartofelya: rekomendatsii*. [Agrotechnical and chemical measures to combat potato rhizoctoniosis: recommendations]. *Rossel'khozakademiya, SibNIIZiKh*. Novosibirsk, 2010. 24 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23810837>
17. Malyuga A. A., Yakimenko V. N. *Vliyanie kaliynykh udobreniy na porazhaemost' kartofelya rizoktoniozom v Zapadnoy Sibiri*. [The influence of potassium fertilizers on the pathogenesis of black scab of potatoes in Western Siberia]. *Vestnik zashchity rasteniy* = Plant Protection News. 2013;(3):45-50. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20289462>
18. Shpaar D., Bykin A., Dreger D. *Kartofel' (vozdelyvanie, uborka, khranenie)*. [Potato (cultivation, harvesting, storage)]. Izd. 3-e, dorab. i dopoln. Minsk: ChUP «Oreh», 2004. 465 p. URL: https://mirlib.ru/knigi/ogorod_i_hozyaistvo/215259-kartofel-vozdelyvanie-uborka-hranenie.html

Сведения об авторах

✉ **Титова Вера Ивановна**, доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>, e-mail: titovavi@yandex.ru

Акопджанян Эрик Татулович, магистрант ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0044-0033>

Information about the authors

✉ **Vera I. Titova**, DSc in Agricultural Science, professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>, e-mail: titovavi@yandex.ru

Eric T. Akopdzhanyan, master's student, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0044-0033>

✉ – Для контактов / Corresponding author

Неравновесное сцепление (гаметическое неравновесие) структурных генов в популяции крупного рогатого скота

© 2021. В. С. Матюков, В. Г. Зайнуллин 

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Российская Федерация

В популяции крупного рогатого скота холмогорской породы ($n = 824$) исследовали гаметическое неравновесие по аллелям полиморфных локусов β -Lg (LGB), β -Cn (CSN2) и α -Cn (CSN3). У чистопородного холмогорского скота полиморфизм β -казеина детерминирован тремя аллелями с частотами встречаемости $CSN2^A_1 - 0,368 \pm 0,0076$, $CSN2^A_2 - 0,497 \pm 0,0078$, $CSN2^B - 0,136 \pm 0,0056$; α -казеина соответственно $CSN3^A - 0,689 \pm 0,0061$, $CSN3^B - 0,311 \pm 0,0061$. Полиморфизм β -лактоглобулина контролируется двумя аллелями LGB^A и LGB^B с частотой встречаемости соответственно $0,237 \pm 0,0048$ и $0,763 \pm 0,0048$. В популяции племенных заводов выявлено гаметическое неравновесие по аллелям локусов CSN2 и LGB, CSN2 и CSN3. Первичной причиной возникновения гаметического неравновесия, видимо, послужило исходное различие аборигенного русского и черно-пёстрого скота Западной Европы, на основе которых формировался генофонд холмогорской породы. В популяции выявлен избыток гаплотипов β -Cn^B- α -Cn^B, β -Cn^B-Lg^B (фаза «притяжения»), видимо, характерных для аборигенного русского скота и β -Cn^A- α -Cn^A, β -Cn^A- β -Lg^A, в большей степени свойственных черно-пёструму скоту Западной Европы и недостаток β -Cn^B- α -Cn^A, β -Cn^B-Lg^A (фаза «отталкивания»), обусловленный низкой частотой встречаемости этих гаплотипов у обеих исходных пород. Обсуждается роль различных факторов в возникновении и поддержании гаметического неравновесия. Высказано предположение, что длительное сохранение в популяции гаметического неравновесия по аллелям не сцепленных локусов, скорее всего, поддерживается отбором.

Ключевые слова: холмогорская порода, гаплотипы, локусы, аллели, черно-пёстрый скот

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания № 0412-2019-0051 (Рег. № НИОКР АААА-А20-120022790009-4).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Матюков В. С., Зайнуллин В. Г. Неравновесное сцепление (гаметическое неравновесие) структурных генов в популяции крупного рогатого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):401-408. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.401-408>

Поступила: 08.04.2021

Принята к публикации: 28.05.2021

Опубликована онлайн: 23.06.2021

Disequilibrium linkage (gametic disequilibrium) of structural genes in the bovine population

© 2021. Valery S. Matyukov, Vladymir G. Zainullin 

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

In the population of Kholmogor cattle ($n=824$), gametic disequilibrium was studied for alleles of the polymorphic loci β -Lg (LGB), β -Cn (CSN2) and α -Cn (CSN3). In purebred Kholmogor cattle, the β -casein polymorphism is determined by three alleles with the frequencies of $CSN2^A_1 - 0.368 \pm 0.0076$, $CSN2^A_2 - 0.497 \pm 0.0078$, $CSN2^B - 0.136 \pm 0.0056$ and the frequencies of α -casein of $CSN3^A - 0.689 \pm 0.0061$, $CSN3^B - 0.311 \pm 0.0061$, respectively. The beta-lactoglobulin polymorphism is controlled by two alleles LGB^A and LGB^B with a frequency of 0.237 ± 0.0048 and 0.763 ± 0.0048 , respectively. In the population of breeding plants, the gametic disequilibrium was revealed according to the alleles of loci CSN2 and LGB; CSN2 and CSN3. The factor that caused the gametic disequilibrium was probably the initial difference between native Russian cattle and black-and-white cattle of Western Europe on the basis of which the Kholmogor breed gene pool was developed. The population showed an excess of haplotypes β -Cn^B- α -Cn^B, β -Cn^B-Lg^B (the "attraction" phase), apparently inherited mainly from native Russian cattle, and β -Cn^A- α -Cn^A, β -Cn^A- β -Lg^A characteristic mainly for black-and-white cattle of Western Europe and a lack of β -Cn^B- α -Cn^A, β -Cn^B-Lg^A (the "repulsion" phase), probably due to the low frequency of these haplotypes in both initial breeds. The role of various factors in the occurrence and maintenance of gamete disequilibrium is discussed. It is suggested that for alleles of non-linked loci, long-time retention of gametic disequilibrium in population is most likely supported by selection.

Keywords: Kholmogor breed, haplotypes, loci, alleles, black-and-white cattle

Acknowledgement: the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment № 0412-2019-0051 (theme No. АААА-А20-120022790009-4).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Matyukov V. S., Zainullin V. G. Disequilibrium linkage (gametic disequilibrium) of structural genes in the bovine population. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):401-408. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.401-408>

Received: 08.04.2021

Accepted for publication: 28.05.2021

Published online: 23.06.2021

Домашние виды в прошлом и настоящем подвергались и подвергаются селекции, давление которой с внедрением в практику более совершенных методов прогноза племенной ценности и биотехнологии воспроизводства животных все возрастает. Поэтому можно предположить, что геном сельскохозяйственных животных, по генам, контролирующими признаки, имеющие хозяйственное ценное значение, несёт на себе отпечаток селективного давления [1, 2]. Следовательно, одной из основных причин гаметического неравновесия не синтенных полиморфных локусов, возможно, является дифференцированная селективная ценность межлокусных комбинаций аллелей. Прямое изучение таких корреляций позволяет вовлечь в анализ большой объём данных, накопленных в результате изучения генетического полиморфизма белков, ферментов и групп крови, что позволяет: а) хронологически увеличить период наблюдения за эволюцией гаметического неравновесия структурных генов в популяциях мировых, локальных и исчезающих пород, а также в метисных популяциях; б) сопоставить в одной и той же популяции в прошлом и настоящем наличие и уровень неравновесного сцепления (linkage disequilibrium, LD) между структурными генами полиморфных локусов, занимающих разное положение в геноме, и получить новую информацию о возможном их селективном значении; в) переосмыслить ранее накопленные результаты популяционно-генетических исследований полиморфизма белков.

Цель исследований – анализ гаметического неравновесия (gametik disequilibrium, GD) структурных генов, контролирующих наследственный полиморфизм белков молока у крупного рогатого скота по тесно сцепленным полиморфным локусам CSN2 и CSN3, расположенным на 6 хромосоме, входящих в одну группу синтеза и по локусам LGB и CSN2, расположенным на разных хромосомах, соответственно на 11 и 6 [3].

Материал и методы. Предметом изучения явилось гаметическое неравновесие по аллелям полиморфных локусов бета-, каппа-

казеина (β -, α -Cn: CSN2, CSN3) и бета-лакто-глобулина (β -Lg: LGB), контролирующих генетический полиморфизм соответствующих белков. В качестве биологической модели для изучения LD выбрана популяция крупного рогатого скота холмогорской породы. Выбор обоснован: а) хорошей изученностью историю формирования породы; б) многочисленностью и широким территориальным её расселением в период проведения исследования; в) чёткой и стабильной во времени пирамидальной стратификацией стад, структурой и системой воспроизводства породы.

Материал для исследования собран в течение 1968-2000 гг. в результате неоднократного периодического забора индивидуальных образцов молока у коров, принадлежавших ведущим племенным заводам Республики Карелия, Архангельской и Московской областей (Ведлозерский, Холмогорский, Новая Жизнь, Архангельский, Борец), поставлявшим до 70 % быков-производителей для воспроизводства собственного поголовья.

Характеристика популяции племенных заводов по генным частотам полиморфных локусов получена в результате электрофоретического исследования генетического полиморфизма белков в молоке 824 коров. Электрофорез проводили по стандартной методике в нашей модификации [4]. Генетические и биохимические обозначения (символика) приводятся в соответствии с рекомендациями специального комитета ФАО [5].

Для определения частот гаплотипов в исследованиях неравновесного сцепления (гаметического неравновесия) аллелей, контролирующих полиморфизм белков молока, были использованы семейные и популяционные данные. Ассоциацию аллелей по каждой паре локусов оценили двумя способами: а) путём характеристики генотипов одного локуса по частотам встречаемости аллелей другого; б) с помощью коэффициентов неравновесия D и D' .^{1, 2} Статистическая обработка данных и построение графиков выполнены с помощью компьютерного пакета Microsoft Office «Анализ данных» в программе Excel.

¹Никифоров В. С., Матюков В. С. Использование данных зоотехнического учёта для построения генетических карт. Сыктывкар, 1982. С. 14-27.

²Левонтин Р. Генетические основы эволюции. М.: Мир, 1975. С. 289-290.

Результаты и их обсуждение. У чистопородного холмогорского скота полиморфизм β -казеина детерминирован тремя аллелями с частотами встречаемости $\beta\text{-Cn}^A_1 = 0,368 \pm 0,0076$, $\beta\text{-Cn}^A_2 = 0,497 \pm 0,0078$, $\beta\text{-Cn}^B = 0,136 \pm 0,0056$; α -казеина соответственно $\alpha\text{-Cn}^A = 0,689 \pm 0,0061$, $\alpha\text{-Cn}^B = 0,311 \pm 0,0061$. Полиморфизм β -лактоглобулина контролируется двумя аллелями $\beta\text{-Lg}^A$ и $\beta\text{-Lg}^B$ с частотой встречаемости соответственно $0,237 \pm 0,0048$ и $0,763 \pm 0,0048$.

Проверка генетического равновесия популяции показала удовлетворительное соответствие фактического распределения генотипов по $\beta\text{-Cn}$, $\alpha\text{-Cn}$ и $\beta\text{-Lg}$ ожидаемому по Харди-Вайнбергу. Оценка однородности выборок с помощью критерия χ^2 позволила по всем локусам отвергнуть предположение о гетерогенности данных.

Простейшим тестом на наличие (отсутствие) в популяции межлокусных ассоциаций генов является сопоставление характеристик

животных, сгруппированных по генотипам одного локуса, по частотам генов или генотипов другого. На рисунке 1 показано распределение частот аллелей LGB^A и CSN3^A в пределах отдельных генотипов CSN2 . По частотам встречаемости аллелей LGB и CSN3 группы животных с генотипами $\text{CSN2}^{A_1 A_1}$, $\text{CSN2}^{A_1 A_2}$ и $\text{CSN2}^{A_2 A_2}$ достоверно не различались. По сравнению с ними у гетерозигот $\text{CSN2}^{A_1 B}$, $\text{CSN2}^{A_2 B}$ и $\text{CSN2}^{B B}$ частота встречаемости аллелей CSN3^A достоверно снижалась, а аллели CSN3^B возрастила ($P < 0,001$). Дифференциация генотипов CSN2 по частотам аллелей LGB менее выражена. Однако от группы животных с генотипом $\text{CSN2}^{A_1 A_1}$ к $\text{CSN2}^{B B}$ прослеживается тенденция снижения LGB^A и повышения LGB^B . Разница характеристик гомозигот $\text{CSN2}^{A_1 A_1}$ и $\text{CSN2}^{B B}$ по частоте аллелей LGB достоверна при $P < 0,01$, $\text{CSN2}^{A_1 A_2}$ и $\text{CSN2}^{B B}$ – $P < 0,02$, $\text{CSN2}^{A_1 B}$ и $\text{CSN2}^{B B}$ – $P < 0,05$.

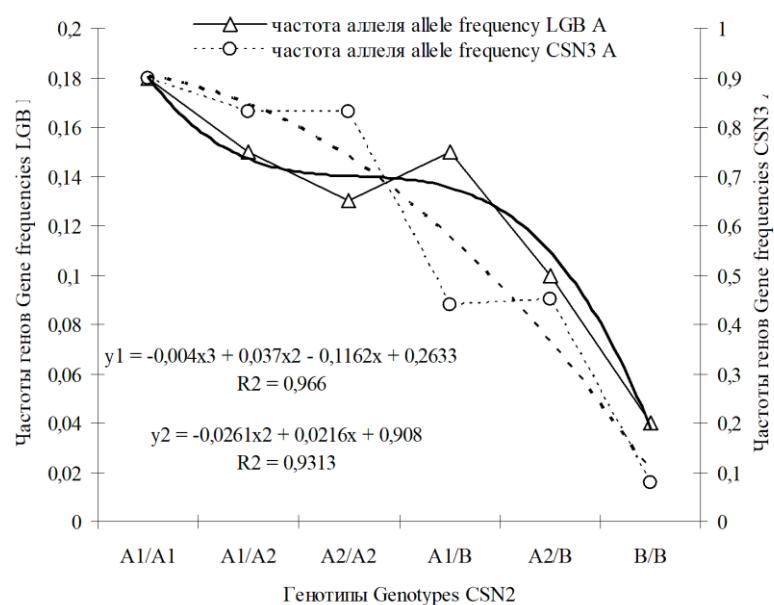


Рис. 1. Распределение генных частот LG^A и CSN3^A в пределах генотипов CSN2 /
Fig. 1. Distribution of LG^A and CSN3^A gene frequencies within CSN2 genotypes

Таким образом, в заводской популяции холмогорского скота наблюдалась ассоциация генов LGB и CSN3 с CSN2 . Коэффициент корреляции между распределениями частот LGB^B и CSN3^A в пределах генотипов CSN2 составил $0,853 \pm 0,2612$ ($0,05 > P > 0,02$).

В таблице 1 представлены обобщённые оценки гаметического неравновесия по аллелям CSN2 с LGB и CSN3 . По аллелям CSN2^{A_1} и CSN2^{A_2} неравновесное сцепление с аллелями CSN3 незначительно. Коэффициент D' был близок к нулю, а отношение дигетерозигот с альтернативным положением генов близко к единице.

С вовлечением в анализ генотипов, несущих аллель CSN2^B , выявился избыток гаплотипов с положением генов в фазе «притяжения»: $\beta\text{-Cn}^B\alpha\text{-Cn}^B$, $\beta\text{-Cn}^A\alpha\text{-Cn}^A$ и $\beta\text{-Cn}^A\alpha\text{-Cn}^B$. Значения коэффициентов D' было близко к единице (максимальному неравновесию по сцеплению).

Похожая ситуация выявлена по гаметическому неравновесию аллелей локуса CSN2 с аллелями не сцепленного с ним LGB . В пределах дилокусных гаплотипов, включающих аллель CSN2^B , неравновесие по сцеплению оказалось близким к таковому по аллелям сцепленных локусов CSN2 и CSN3 .

Таблица 1 – Оценка неравновесного сцепления аллелей CSN3 и LGB с CSN2 в популяции племенных заводов холмогорской породы /

Table 1 – Evaluation of nonequilibrium coupling of CSN3 and LGB alleles with CSN2 in the population of Kholmogor breed breeding plants

<i>Классы гаплотипов и дигетерозигот /</i> <i>Haplotype classes and digeterosigoth</i>	<i>D</i>	<i>D'</i>
Неравновесие по сцеплению аллелей CSN2 с LGB / Disequilibrium linkage of alleles CSN2 with LGB		
<i>f₁A₁A/BB</i> ≠ <i>f₂A₁B/BA</i>	0,0333	0,9798
<i>f₃A₂A/BB</i> ≠ <i>f₄A₂B/BA</i>	0,0470	0,9808
<i>f₅A₁A/A₂B</i> ≠ <i>f₆A₂A/A₁B</i>	0,0023	0,0240
Неравновесие по сцеплению аллелей CSN2 с CSN3 / Disequilibrium linkage of alleles CSN2 with CSN3		
<i>f₁A₁A/BB</i> ≠ <i>f₂A₁B/BA</i>	0,0866	0,9844
<i>f₃A₂A/BB</i> ≠ <i>f₄A₂B/BA</i>	0,1272	0,9855
<i>f₅A₁A/A₂B</i> ≠ <i>f₆A₂A/A₁B</i>	0,0043	0,0426

По CSN2 и CSN3 в популяции племенных заводов выявлен недостоверный избыток дигетерозигот, по локусам CSN2 и LGB – недостоверный недостаток.

Чтобы понять вероятные причины возникновения гаметического неравновесия в популяции холмогорского скота кратко обратимся к истории формирования породы. Известно, что основу холмогорского скотоводства в X-XI вв. заложили выходцы из Великого Новгорода и с Верхней Волги,

заселившие пойму рек Северной Двины, Мезени и Нижней Печоры. В дальнейшем в район холмогорского скотоводства неоднократно завозился скот из стран Западной Европы (табл. 2). Вопрос о степени влияния импортного скота на формирование холмогорской породы многие годы оставался открытым^{3, 4}. На наш взгляд, бесспорен только тот факт, что скрещивание местного скота с Западно-Европейским носило характер эпизодического прилития крови.

Таблица 2 – Ввоз иностранного скота в Архангельскую губернию и эпизоотии в странах-экспортёрах скота (таблица составлена по данным^{5, 6})

Table 2 – Import of foreign cattle to the Arkhangelsk province and epizootics in cattle exporting countries (the table was formed based on data^{5, 6})

Год / Year	Завоз животных, гол. / Delivery of animals, heads			Страна-экспортёр / Country-exporter	
	всего / total	в том числе / including			
		быки / bull	матки / cow		
1697	Нет сведений / No information.			Голландия / Holland	
1752	20	12	8	Англия / England	
1755	12	2	10	Голландия / Holland	
1765	28	24	4	Голландия / Holland	
1767-68	29	5	24	Голландия / Holland	
1846	30	12	18	Голштиния / Holstein	
1849	13	3	10	Голландия / Holland	
1865	24	19	5	Голландия / Holland	
1898	18	18	—	Голландия / Holland	
1933	3	3	—	Германия / Germany	

Исследования полиморфизма микросателлитов, mtДНК и гаплотипов Y-хромосомы [6, 7] уточнили происхождение холмогорского скота и генеалогическую структуру Евроазиатской популяции крупного рогатого скота (*Bos Taurus*) в целом. При исследовании

гаплотипов Y-хромосомы установили сходство скота, обитающего на территориях севера Англии, прибалтийских низменностей (Нидерландов, Дании, Германии, Польши, постсоветских Прибалтийских стран), Европейского Севера России и Скандинавии.

³Резников Ф. И. История холмогорского скотоводства. Архангельск: Кн. изд-во, 1957. С. 82-103.

⁴Прозоров А. А., Шиловский А. Д. Холмогорский скот: история, современность, перспективы. Архангельск, 2003. С. 22-34.

⁵Резников Ф. И. Новые данные к истории холмогорского скота. Архангельск: Обл. гос. кн. изд-во, 1949. С. 16.

⁶Прозоров А.А., Шиловский А.Д. Указ. соч. С. 22.

На основании этих данных можно предположить, что холмогорский скот низовий р. Северная Двина Архангельской области и северных районов Республики Коми, занятых Печорским типом холмогорской породы, колонизировался черно-пёстрым скотом Западной Европы.

По гаплотипам mtДНК холмогорский скот племенных заводов и Печорский тип холмогорской породы имели генетическое сходство с северным комолым скотом Скандинавии и ярославской породой. По аллелям 30 полиморфных локусов микросателлитов потока генов черно-пёстрого скота в популяцию холмогорской породы не было установлено [7].

По частотам генов, контролирующими синтез основных белков молока, Западно-Европейский черно-пёстрый и холмогорский скот различались. Особенно высокая дифференциация наблюдалась по генным концентрациям аллелей β -Lg. У черно-пестрого скота частота аллеля β -Lg^A была близка к 0,5, а у холмогорского скота племенных заводов она была в два раза ниже. Частота аллеля β -Cn^B у чёрно-пёстрого скота в редких популяциях достигала 0,05, у холмогорского в среднем по племенным заводам – 0,14. В популяции племенных заводов по холмогорской породе концентрация β -Cn^A₂, α -Cn^B была достоверно выше, а β -Cn^A₁ достоверно ниже, чем у черно-пёстрого скота [8]. В таком случае зафиксированное нами гаметическое неравновесие, обусловлено избытком гаплотипов β -Cn^B α -Cn^B, β -Cn^B β -Lg^B (фаза «притяжения»), унаследованных преимущественно от аборигенного скота, а недостаток β -Cn^B α -Cn^A, β -Cn^B β -Lg^A (фаза «отталкивания») – низкой частотой встречаемости этих гаплотипов у черно-пестрого скота и аборигенного. Если допустить, что биохимический полиморфизм нейтрален, частоты генов в поколениях черно-пёстрого и холмогорского скота стабильны, а выборки репрезентативны, то, исходя из распределения частот генов у этих двух пород, расчётное максимально возможное неравновесие по аллелям β -Cn и β -Lg могло возникнуть в популяции племзаводов при средней кровности по Западно-Европейскому черно-пёстрому скоту около 50 %. Этот уровень метизации был принят нами для расчёта максимально возможного гаметического неравновесия в поколениях метисной популяции при закрытом воспроизводстве. По архивным документам производственного, первичного зоотехнического и племенного учётов установили, что

ориентировочный средний возраст выбытия основного поголовья (быков и коров) за период закрытого воспроизводства заводской популяции для коров колебался по периодам, годам и хозяйствам 9-11 лет. Исходя из этих данных приняли для коров средний возраст смены поколения 10 лет. Продолжительность жизни быков – на 3-4 года меньше. Таким образом, среднее время смены поколения составило 7-8 лет. Далее по формуле Гейрингера: $D_t = (1 - R)^t * D_0$ ⁷ рассчитали величину D_t от D_{max} до D_{min} при заданных значениях частот рекомбинации между локусами (здесь обозначили θ).

Из представленных на рисунке 2 данных видно, что в ретроспективе при $\theta = 0,5$ (независимое наследование) метисной популяции понадобилось бы около двух поколений (2,25) свободного скрещивания, чтобы от D_{max} достигнуть, наблюдаемого значения D_0 , рассчитанного нами по материалам, собранным в популяции за период с 1969 по 1985 год. А в период с 1933-1936 гг. до начала 1980-х годов генофонд популяции племенных заводов воспроизводился за счёт собственных племенных ресурсов.

По расчётом при свободном скрещивании и независимом комбинировании аллелей несцепленных β -Lg и β -Cn от принятого априори D_{max} (расчётное – 1936 г.), обусловленного кумулятивным эффектом скрещивания, популяция племенных заводов должна была достигнуть наблюдаемого нами D_0 (1975 г.) через 2,25 поколения (1955 г.) от даты последнего использования импортных производителей (табл. 2), а к 1980 году должна была приблизиться к состоянию гаметического равновесия – D_{min} .

Хронологически это не соответствует наблюдаемому фактическому уровню гаметического неравновесия D_0 и предположение о независимом наследовании β -Lg и β -Cn при $\theta = 0,5$ следует отвергнуть. Только при $0,35 \leq \theta < 0,4$ и периоде смены поколения равном 10 годам величина D_t хронологически совпадёт с расчётной датой D_0 (рис. 2).

Если же допустить, что кровность метисной популяции по черно-пёстрой породе была ниже или выше 50 %, то её характеристика по генным частотам не совпадёт с наблюдаемой у холмогорской породы, а значение D_{max} должно снизиться, следовательно, сократится число поколений (время) достижения популяцией D_0 . Варьирование времени смены поколения и кровности только подтверждает тот факт, что между заведомо не сцепленными β -Lg и β -Cn [3] свободной комбинации аллелей не наблюдалось.

⁷Левонтин Р. Указ. соч. С. 290.

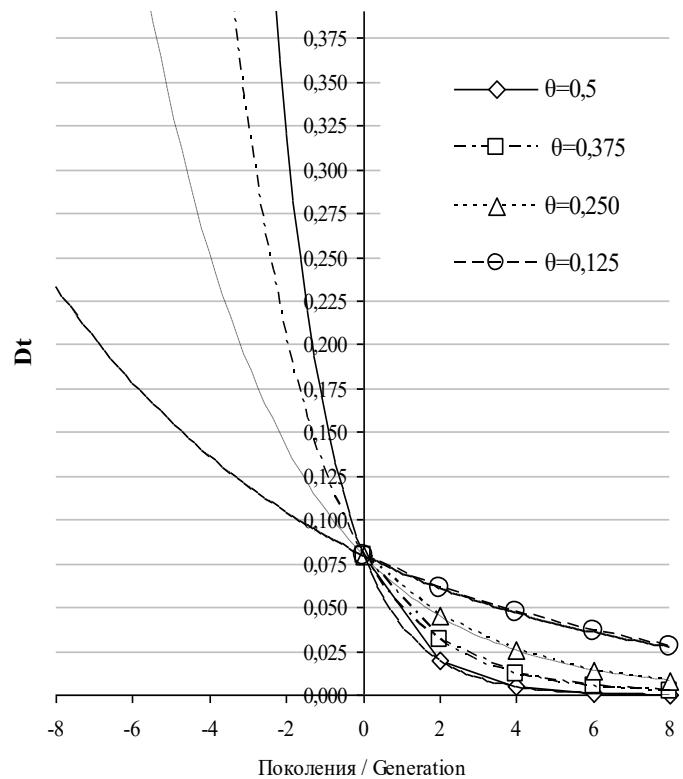


Рис. 2. Прогноз динамики уровня гаметического неравновесия по β -Cn, β -Lg в субпопуляции племенных заводов в зависимости от частоты рекомбинации (θ) /

Fig. 2. Prediction of the dynamics of the level of gametic disequilibrium for β -Cn, β -Lg in the subpopulation of breeding plants depending on the frequency of recombination (θ)

Ранее частота рекомбинации между этими локусами была определена в ряде исследований [8, 9, 10]. В этих работах значение θ оказалось ниже 0,5. Эти данные и наблюдаемое гаметическое неравновесие по аллелям β -Cn и β -Lg в популяции объясняют дрейфом генов вряд ли возможно, поскольку с момента последнего использования завезённых в начале 1930-х годов остфризских быков (табл. 2) до проведения нашего обследования прошло около 40 лет (5 поколений) воспроизведения популяции племзаводов за счёт собственных племенных ресурсов. При независимом наследовании и свободном скрещивании этого периода времени было достаточно, для того чтобы даже при изначально максимальном значении гаметического неравновесия по аллелям β -Cn и β -Lg популяция племенных заводов достигла состояния гаметического равновесия.

Возникновение и величина LD зависит от целого ряда факторов, а именно: величины и скорости дрейфа генов, генетических примесей в популяции, мутаций и рекомбинации, конечного размера популяции, прохождения популяции через «бутылочное горлышко»,

отбора и других микроэволюционных событий, с которыми сталкивается популяция при воспроизводстве⁸. При этом LD по тесно сцепленным локусам указывает на размер популяции в исторической ретроспективе, а по слабо сцепленным – в недавней [11].

В обследованной популяции локусы LGB и CSN3 были близки по аллельной и частотной структуре, поэтому зафиксированными близкий уровень гаметического неравновесия этих локусов с CSN2 можно рассматривать как свидетельство стабильной во времени эффективной численности популяции, которая в период закрытого воспроизводства по расчётам составляла 500-600 эффективных особей, то есть была достаточной для минимизации влияния генетического дрейфа.

В метисной популяции уровень LD зависит от степени взаимовлияния скрещивающихся популяций и сходства (различия) профилей их генных частот. Относительно холмогорской породы скрещивание, видимо, имело первостепенное значение для возникновения гаметического неравновесия.

⁸Там же. С. 294-322.

Вполне возможно, что вывоз из района Холмогорского скотоводства племенного скота в столицы и приток на их место маточного поголовья с верховий Северной Двины являлся первопричиной LD частично в результате смешения, частично в результате скрещивания аборигенного русского и Западно-Европейского скота⁹.

Как показано (рис. 2), за время закрытого воспроизведения (разведения «в себе») при свободном скрещивании по частотам генов LGB и CSN2 популяция должна была достигнуть равновесия. Фактически уровень GD (LD) по аллелям локусов, расположенных на разных хромосомах, и сцепленной пары локусов оказался близким.

Таким образом, формирование межлокусных корреляций аллелей зависело не только от хромосомного расположения локусов, от аллобаланса маркированных участков хромосом, но и, по всей вероятности, от селективной значимости межлокусных комбинаций структурных генов. Отбор, поддерживая и элиминируя различные межлокусные комбинации генов, может симулировать гаметическое неравновесие (неравновесное сцепление), совершенно не связанное со сцепленным наследованием генных комбинаций¹⁰ [1]. Имеются данные о согласованной работе генов, собранных в гаплотипические блоки, которые расположены в различных районах генома. Причем, в разных популяциях согласованно могут работать различные гаплотипы [12]. В метисных популяциях длительное сохранение гаметического неравновесия по аллелям не сцепленных локусов, по-видимому, указывает на адаптивную значимость наблюдаемой межлокусной корреляции генов [13, 14].

В этой связи отметим, что холмогорский скот племзаводов сохранял не только некоторые особенности экстерьера, этиологии, кормовые предпочтения, но и исходные генные комбинации, характерные для аборигенного скота.

Современная технологическая революция в производстве продуктов животноводства обострила межпородную конкуренцию и привела к повсеместному вытеснению местного скота узкоспециализированными коммерческими породами промышленного типа. Их низкая устойчивость к некоторым природно-очаговым эпизоотиям и экологическим

стрессам в новых районах разведения при недостаточной оптимизации условий кормления и содержания становится препятствием для эффективного использования зональных природных биоэнергетических ресурсов и производства экологически чистых продуктов питания. Поэтому с каждым годом возрастает актуальность инвентаризации и сохранения исчезающих аборигенных генофондов, а в метисных популяциях выявление и использование сохранившихся от них селективно выгодных комбинаций генов [15, 16].

Заключение. Результаты анализа гаметического неравновесия в популяции крупного рогатого скота по паре полиморфных локусов одной синтении и по локусам, расположенным на разных хромосомах, позволяют предположить, что выявленная ассоциация аллелей, не сцепленных полиморфных локусов, скорее всего, поддерживается отбором.

Данные, подтверждающие взаимодействие «ген x ген», часто сопровождаются плохим воспроизведением результатов предыдущих исследований, в частности, по статистическим причинам и (или) вследствие эколого-генетических взаимодействий. Независимо от этого, на наш взгляд, сопоставление во времени уровня гаметического неравновесия по полиморфным системам разной хромосомной локализации и зависимости его проявления от генетического и экологического фона с последующей систематизацией и обобщением результатов многолетних наблюдений позволит получить новые сведения о возможном участии межлокусных корреляций структурных генов в эколого-генетической адаптации популяций [17]. Полученная информация окажется полезной для инвентаризации, консервации и реконструкции генофондов, планирования и реализации мероприятий по их рациональному использованию, а также в селекции синтетических популяций.

Технически такие исследования выполнимы с помощью популяционно-генетического анализа данных, характеризующих по маркерам первого и второго типа репрезентативные статистически достаточные выборки животных разных пород и породности, накопленные за многие годы исследовательскими лабораториями.

⁹Резников Ф. И. Указ. соч., 1957. С. 130-147.

¹⁰Левонтин Р. Указ. соч. С. 294-322.

References

1. Mueller J. C. Linkage disequilibrium for different scales and applications. *Briefings in Bioinformatics*. 2004;5(4):355-364. DOI: <https://doi.org/10.1093/bib/5.4.355>
2. Qanbari S., Rubin C.-J., Maqbool K., Weigend S., Weigend A., Geibel J. et al. Genetics of adaptation in modern chicken. *PloS Genet.* 2019;15(4):e1007989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007989>
3. Кленовицкий П. М., Багиров В. А., Марзанов Н. С., Зиновьева Н. А. Генные карты сельскохозяйственных животных. Дубровицы, 2003. 58 с.
4. Матюков В. С. Селекционный статус полиморфизма β -казеина у крупного рогатого скота. Сельскохозяйственная биология. 1983;18(2):73-78.
5. Matyukov V. S. *Selekcionnyy status polimorfizma β -kazeina u krupnogo rogatogo skota*. [Breeding status of β -casein polymorphism in cattle]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 1983;18(2):73-78. (In Russ.).
6. Aschton C. C., Gilmour D. C., Kidd C. A., Kristjansson P. K. Proposals on nomenclature of protein polymorphisms in farm livestock. *Genetics*. 1967;56(3):353-362.
7. Kantanen J., Edwards C. J., Bradley D. G., Viinalass H., Thessler S., Ivanova Z., Kiselyova T., Cinkulov M., Popov R., Stojanovic S. Maternal and paternal genealogy of Eurasian taurine cattle (*Bos taurus*). *Heredity*. 2009;103(5):404-415. DOI: <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.68>
8. Матюков В. С., Жариков Я. А., Миронов В. В. Методы современной селекции и сохранение генофонда молочного скота в Республике Коми. Сыктывкар, 2012. 156 с.
9. Matyukov V. S., Zharikov Ya. A., Mironov V. V. *Metody sovremennoy selektsii i sokhranenie genofonda molochnogo skota v Respublike Komi*. [Methods of modern breeding and preservation of the gene pool of dairy cattle in the Komi Republic]. Syktyvkar, 2012. 156 p.
10. Hines H. C., Zikakis J. P., Haenlein G. F. W. Linkage relationship among loci of polymorphism in blood and milk of cattle. *J. Dairy Sc.* 1981;64(1):71-76.
11. Маринчук Г. Е. Сопряженность молочной продуктивности крупного рогатого скота с комплексом локусов спаянного блока казеинов и β -лактоглобулина. Цитология и генетика. 1992;26(5):48-53.
12. Marinchuk G. E. *Sopryazhennost' molochnoy produktivnosti krupnogo rogatogo skota s kompleksom lokusov stseplennogo bloka kazeinov i β -laktoglobulina*. [Conjugation of milk productivity of cattle with a complex of loci of a linked block of caseins and β -lactoglobulin]. *Tsitolgiya i genetika* = Cytology and genetics. 1992;26(5):48-53. (In Ukraine).
13. Hayes B. J., Visscher P. M., McPartlan H. C., Goddard M. E. Novel multilocus measure of linkage disequilibrium to estimate past effective population size. *Genome Res.* 2003;13(4):635-643. DOI: <https://doi.org/10.1101/gr.387103>
14. Slatkin M. Linkage disequilibrium – understanding the evolutionary past and mapping the medical future. *Nat. Rev. Genet.* 2008;9(6):477-485. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg2361>
15. Kantanen J., Lövendahl P., Strandberg E., Eythorsdottir E., Li M. H., Kettunen-Præbel A., Berg P., Meuwissen T. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries. *Front Genet.* 2015;6(2):52. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00052>
16. Amaral A. J., Pavão A. L., Gama L. T. Genomic Tools for the Conservation and Genetic Improvement of a Highly Fragmented Breed-The Ramo Grande Cattle from the Azores. 2020;10(6):1089. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10061089>
17. Strandén I., Kantanen J., Russo I. M., Orozco-terWengel P., Bruford M. W. Genomic selection strategies for breeding adaptation and production in dairy cattle under climate change. Climgen Consortium. *Heredity* (Edinb). 2019;123(3):307-317. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41437-019-0207-1>

Сведения об авторах

Матюков Валерий Самуилович, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геномики, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti38@mail.ru

✉ **Зайнуллин Владимир Габдуллович**, ведущий научный сотрудник лаборатории геномики, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti38@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3343-9012>

Information about the authors

Valery S. Matyukov, PhD in Biology, leading researcher, the Laboratory of Genomics, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies, Federal Research Center, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, st. Rucheinaya, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti38@mail.ru

✉ **Vladimir G. Zainullin**, leading researcher, the Laboratory of Genetics, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies, Federal Research Center, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, st. Rucheinaya, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti38@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3343-9012>

✉ – Для контактов / Corresponding author

Биохимические показатели крови овцематок на первом месяце лактации и их связь с молочной продуктивностью

© 2021. Я. А. Жариков 

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация

У подсосных полутонкорунных мясошерстных овцематок первого месяца лактации ($n = 80$) экспериментального стада крестьянского фермерского хозяйства Л. А. Каневой Усть-Цилемского района Республики Коми изучали молочную продуктивность и комплекс биохимических показателей крови, характеризующих метаболический статус. Овцематки с ягнятами находились в одном помещении в сходных условиях содержания и кормления. Для характеристики метаболического типа всех подконтрольных овцематок разделили на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности. Какого-либо значимого линейного колебания метаболитов при переходе из группы в группу выявлено не было. В результате изучения связей между молочностью и биохимическими показателями сыворотки крови внутри групп у высокомолочных овцематок 3 группы были выявлены статистически значимые корреляции с уровнем мочевины ($r = -0,47, P < 0,05$) и активностью щелочной фосфатазы ($r = 0,40, P < 0,05$), а также не достоверный, но относительно высокий коэффициент с глюкозой ($r = 0,36, P > 0,05$). В результате объединения мочевины, щелочной фосфатазы (ЩФ) и глюкозы в один комплексный индекс – ЩФ*глюкоза/мочевина удалось существенно повысить коэффициент корреляции с молочностью до 0,61 при $P < 0,001$. Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что высокомолочные матки имеют метаболические особенности, которые сформировались в результате адаптации организма к напряжённой лактационной деятельности. Эти особенности выражаются во взаимосвязанном колебании трёх метаболитов – мочевины, ЩФ и глюкозы. Предполагается, что мочевина отражает более эффективное усвоение азота рациона с ростом молочной продуктивности, усиленное включение аминогрупп в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока. А глюкоза и ЩФ – увеличение интенсивности клеточного метаболизма.

Ключевые слова: молочность, метаболиты крови, сопряжённость, мочевина, щелочная фосфатаза, глюкоза

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (тема № 0412-2019-0052).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку работы.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Жариков Я. А. Биохимические показатели крови овцематок на первом месяце лактации и их связь с молочной продуктивностью. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):409-417.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.409-417>

Поступила: 05.04.2021 Принята к публикации: 26.05.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

Biochemical blood values of ewes in the first month of lactation and their relation to milk productivity

© 2021. Yakov A. Zharikov 

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation

Milk productivity and a set of biochemical blood parameters characterizing the metabolic status were studied in suckling semi-fine-fleece wool-and-meat ewes of the first month of lactation ($n = 80$) of the experimental herd of L. A. Kaneva farm in the Ust-Tsilemsky district of Komi Republic. The ewes with lambs were kept in the same room in similar conditions of keeping and feeding. To characterize the metabolic type, all controlled ewes were divided into three groups depending on the level of their milk productivity. There was no significant linear variation of the metabolites during the transition from group to group. As a result of studying the associations between milking capacity and biochemical parameters of blood serum within the groups, in high-milking ewes of group 3, statistically significant correlations were found with the level of urea ($r = -0,47, P < 0,05$), and the activity of alkaline phosphatase ($r = 0,40, P < 0,05$), as well as not reliable, but relatively high coefficient with glucose ($r = 0,36, P > 0,05$). As a result of combining urea, alkaline phosphatase (AP) and glucose into one complex index – AP*glucose/urea, it was possible to increase significantly the correlation coefficient with milking capacity to 0.61 at $P < 0,001$. The obtained results indicate that high-milking ewes have metabolic features developed as the result of the body's adaptation to intensive lactation activity. These features are expressed in the interrelated fluctuation of three metabolites – urea, AP and glucose. It is assumed that urea indicates more efficient assimilation of nitrogen of the diet with an increase in milk productivity, intense inclusion of amino groups into metabolic processes necessary for the synthesis of milk proteins. Glucose and alkaline phosphatase indicate an increase in the intensity of cellular metabolism.

Keywords: milk productivity, blood metabolites, correlation, urea, alkaline phosphatase, glucose

Acknowledgement: the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0412-2019-0052)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Zharikov Ya. A. Biochemical blood values of ewes in the first month of lactation and their relation to milk productivity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):409-417. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.409-417>

Received: 05.04.2021 Accepted for publication: 26.05.2021 Published online: 23.06.2021

Увеличение производства баранины как в валовом выражении, так и в расчёте на овцематку – стратегическая задача, стоящая перед овцеводами страны, без решения которой невозможно рассчитывать на рентабельность отрасли. Для этого нужны овцематки, отвечающие современным требованиям по плодовитости, скороспелости, молочности, устойчивости к болезням, приспособленности к условиям и кормовой базе ареала разведения. Для молодняка важны скорость роста, скороспелость, убойный выход, соотношение мяса и костей в туше, качество баранины.

Разводимые в Республике Коми полуторонные мясошерстные овцы печорской породной группы хорошо приспособлены к экологическим условиям Севера, однако по уровню развития вышеперечисленных базовых хозяйственных качеств не соответствуют требованиям рентабельного ведения отрасли. В связи с этим несомненную актуальность представляют дальнейший теоретический поиск и проведение прикладных исследований по созданию на Крайнем Севере овцематок нового генотипа, обладающих следующими качествами: возраст первой случки 12-15 месяцев; плодовитость – до двухсот ягнят на сто ягнений; молочность – не менее 200 л за трёхмесячную лактацию; шерсть – полуторонная, однородная, белой окраски, требующая стрижки один раз в год.

Известно, что продуктивность животных во многом обусловлена состоянием и спецификой их метаболического гомеостаза, что позволяет с большой эффективностью использовать различные интерьерные признаки, в том числе биохимические параметры крови в качестве маркёров продуктивности и дополнительных критериев к сложившимся в зоотехнической практике методам и приемам селекции [1]. Лактация, особенно в период интенсивного молокообразования, вызывает у маток большое физиологическое напряжение организма, что, безусловно, приводит к модификации метаболизма, находящего своё отражение в биохимическом статусе субстратов и ферментов сыворотки крови.

Актуальность научных поисков в этом направлении определяется недостаточной изученностью характера изменений обмена веществ, биохимических механизмов, определяющих формирование высокой молочной продуктивности подсосных овцематок.

Цель исследований – изучение метаболических особенностей высокомолочных подсосных овцематок, установление корреляционных связей молочной продуктивности с рядом биохимических показателей сыворотки крови для использования полученных результатов в селекционной работе.

Материал и методы. Экспериментальная часть работы выполнена в 2021 году на овцеводческой ферме крестьянского фермерского хозяйства Л. А. Каневой (Усть-Цилемский район, Республика Коми). Объектом исследования служили подсосные овцематки печорской породной группы и помесные различной доли кровности по куйбышевской, романовской, черноголовый дорпер и остфризской породам, всего 80 голов, окотившиеся в период с 25.01.2021 по 05.02.2021 года. Окотились одинцами 51 матка, двойнями – 47, тройнями – 2. Всех подконтрольных овцематок разделили на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности.

Все овцематки с ягнятами находились в одном помещении в сходных условиях содержания и кормления. Основным компонентом рациона являлось злаково-разнотравное сено, заготовленное с естественных суходольных и заливных лугов поймы реки Печоры. Концентратная часть была представлена гранулированным комбикормом для дойных коров с содержанием 18 % сырого протеина. Средневзвешенный рацион состоял: сено – 2,1 кг, комбикорм – 0,3 кг, брикет-лизунец «Фелуцен» универсальный для КРС, коз и овец вволю.

Плодовитость овцематки оценивали по количеству всех полученных за окот живых ягнят. Молочность овцематки устанавливали согласно ГОСТ 25955-83 по суммарному приросту живой массы всех её ягнят за первый месяц подсоса, затем рассчитывали количе-

ство полученного за сутки молока (1 кг живой массы ягненка приравнивали к 5,0 кг полученного материнского молока).

Для изучения живой массы ягнят при рождении и в месячном возрасте проводили индивидуальное взвешивание с точностью до 0,1 кг. По результатам взвешивания рассчитывали абсолютный, относительный и среднесуточный приросты живой массы.

Материалом исследования служила кровь, которую брали у всех маток однократно 27.02.2021 до кормления пункцией ярёной вены в вакуумные пробирки с коагулянтом. Анализ сыворотки на содержание изучаемых показателей выполняли в лаборатории Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методом фотометрии на фотометре фотоэлектрическом КФК-3 с помощью соответствующих наборов реагентов компании «Витал Девелопмент Корпорэйшн»¹.

Полученные данные обрабатывали, используя программный модуль «Анализ данных» в Microsoft Excel. Ошибки коэффициентов корреляции по Пирсону и оценки их достоверности при уровнях значимости P от $< 0,05$ до $< 0,001$ посчитали, используя общепринятые формулы². Достоверность различий независимых выборок оценили двухвыборочным тестом (Two-Sample T-Test) из программы NCSS по трём критериям: t-тест с одинаковыми дисперсиями, t-тест Аспина-Уэлча с различными дисперсиями, t-тест Колмогорова-Смирнова для ненормальных распределений при $P \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Для характеристики метаболического типа мы разделили всех подконтрольных овцематок на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности. Результаты представлены в таблице 1.

Группировка овцематок по уровню молочности не показала какого-либо закономерного линейного колебания метаболитов при переходе из группы в группу. В результате изучения связей между молочностью и биохимическими показателями сыворотки крови внутри групп у высокомолочных овцематок 3 группы были выявлены статистически значимые корреляции ($P < 0,05$) с уровнем мочевины и активностью щелочной фосфатазы (ЩФ), а также не достоверный, но относительно высокий коэффициент с глюкозой (табл. 2). При этом ЩФ и глюкоза

были положительно связаны с молочностью, а мочевина – отрицательно. В результате объединения мочевины, ЩФ и глюкозы в один комплексный индекс – ЩФ*глюкоза/мочевина удалось существенно повысить коэффициент корреляции с молочностью до 0,61 при $P < 0,001$. Таким образом, в результате анализа полученных данных у высокомолочных овцематок выявлены интересные, взаимосвязанные с уровнем молочной продуктивности колебания трёх метаболитов: мочевины, ЩФ и глюкозы. Эта особенность метаболизма была характерна только для группы высокомолочных овцематок и не проявлялась у маток первых двух групп.

Овчье молоко является очень ценным диетическим продуктом. В отличие от коровьего, в молоке овец содержится больше сухого вещества, жира, белка, сахара. На молочную продуктивность овцематок большое влияние оказывают возраст маток и соответственно количество ягнений, а также количество ягнят в помёте. По данным М. Н. Костылева и других, была подтверждена прямая зависимость молочности маток от их плодовитости. Так, матка романовской породы № 229 в ОПХ «Тугаево» при первом окоте принесла двух ягнят, и молочность её составила 155,4 кг за лактацию, через год эта же матка окотилась одинцом и молочность её составила 97,0 кг, а при последующем окоте принесла тройню и молочность ее составила 161,0 кг [2].

Из всех изученных метаболитов крови овцематок наибольшую сопряжённость с уровнем имела мочевина. Традиционные представления о мочевине как маркере почечной патологии общеизвестны. Между тем, концентрация мочевины в сыворотке крови является хорошим индикатором интенсивности и направленности азотистого обмена. У жвачных животных до 70 % азота мочевины крови – это продукт катаболизма аминокислот, и между концентрацией мочевины в крови и усвоением азота установлена достоверная отрицательная корреляция [3]. Именно поэтому снижение уровня мочевины может свидетельствовать о более интенсивном использовании аминогрупп в биосинтезе белка [4, 5], в нашем случае, белка молока. Иными словами, организм высокомолочных овцематок более интенсивно трансформирует аминокислоты для пластических нужд молокообразования.

¹Витал Девелопмент Корпорэйшн. [Электронный ресурс]. URL: <https://vital-spb.ru/about/> (Дата обращения: 15.03.2021)

²Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику: учебное пособие. 2-е изд. Минск: Вышшая школа, 1978. С. 418.

Таблица 1 – Результаты биохимического исследования сыворотки крови овцематок с разным уровнем

молочной продуктивности /

Table 1 – Results of a biochemical study of the blood serum of ewes with different levels of milk productivity

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (n = 27)	2 (n = 26)	3 (n = 27)
Плодовитость, гол. / Fertility, heads	1,04±0,04	1,23±0,08	1,89±0,10
Среднесуточная молочность, мл / Average daily milk productivity, ml	803,76±37,62	1237,23±23,24	1804,9±42,80
Среднесуточный прирост ягнят, г / Average daily growth of lambs, g	160,75±7,52	247,45±4,65	360,98±8,56
АсАТ, Е/л / AsAT, E/l	16,42±0,53	16,60±0,45	17,09±0,37
АлАТ, Е/л / AlAT, E/l	7,97±0,37	9,00±0,50	8,75±0,38
АсАТ/АлАТ / AsAT/AlAT	2,14±0,09	2,04±0,18	2,05±0,10
ЩФ, Е/л / AP, E/l	39,28±3,92	37,78±4,20	48,22±4,71
ЛДГ, Е/л / LDG, E/l	73,15±2,75 ³	72,65±2,34 ³	80,95±3,32 ^{1,2}
ГГТ, Е/л / GGT, E/l	81,76±3,47	86,70±3,28	82,80±2,95
КФК, Е/л / CFK, E/l	14,31±2,44	10,76±1,13	10,46±1,08
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	64,10±0,86	64,79±0,72	64,84±0,63
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	34,55±0,84 ^{2,3}	36,39±0,62 ¹	36,62±0,50 ¹
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	29,55±1,15	28,40±0,69	28,23±0,58
А/Г / A/G	1,23±0,07	1,30±0,04	1,32±0,04
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	6,28±0,25	6,12±0,25	5,92±0,25
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,68±0,10	3,64±0,11	3,75±0,09
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,99±0,08 ^{2,3}	2,22±0,09 ¹	2,21±0,07 ¹
Глюкоза + Холестерин / Glucose + Cholesterol	5,68±0,14	5,86±0,12	5,96±0,13
Кальций, мг% / Calcium, mg%	9,30±0,12 ²	9,63±0,07 ^{1,3}	9,37±0,08 ²
Фосфор, мг% / Phosphorus, mg%	5,42±0,22 ²	4,89±0,15 ^{1,3}	5,29±0,16 ²
Кальций/Фосфор / Calcium/Phosphorus	1,80±0,09 ²	2,01±0,06 ^{1,3}	1,82±0,06 ²

Примечания: отмечены ^(1,2,3) существенные различия с указанными группами при $P < 0,05$. Условные обозначения здесь и далее: АсАТ – аспартатаминотрансфераза, АлАТ – аланинаминотрансфераза, АсАТ/АлАТ – коэффициент де Ритиса, ЩФ – щелочная фосфатаза, ЛДГ – лактатдегидрогеназа, ГГТ – гамма-глутамилтранспептидаза, КФК – креатин-фосфокиназа, А/Г – соотношение альбуминов и глобулинов /

Notes: there were ^(1,2,3) significant differences with these groups at $P < 0.05$. Symbols here and further: AsAT – aspartate aminotransferase, AlAT – alanine aminotransferase, AsAT/AlAT – de Ritis coefficient, AP – alkaline phosphatase, LDG – lactate dehydrogenase, GGT – gamma-glutamyltranspeptidase, CFK – creatine phosphokinase, A/G – ratio of albumins and globulins.

Из наиболее распространённых причин снижения уровня мочевины в крови выделяют гепатозы, приводящие к нарушению мочевинообразовательной функции печени, а также длительный дефицит в рационе белка [5, 6]. Однако, при гепатозах, количество мочевины находится ниже порогового минимума, т. е. ниже 3,3 ммоль/л, например, в крови больных гепатозом коров количество мочевины снижено до 2,95 ммоль/л [7]. При дефиците протеина в рационе вместе

с мочевиной снижался бы уровень альбуминов и А/Г коэффициент, чего, судя по данным таблицы 1, у наших овцематок не наблюдается. Таким образом, есть все основания предполагать, что понижение уровня мочевины с ростом молочной продуктивности высокомолочных овцематок связано с более эффективным усвоением азота рациона, усиленным включением аминогрупп в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между биохимическими показателями сыворотки крови и молочностью овцематок /

Table 2 – Correlation coefficients between the biochemical parameters of blood serum and milk productivity of ewes

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Группа / Group</i>		
	<i>1 (n = 27)</i>	<i>2 (n = 26)</i>	<i>3 (n = 27)</i>
AcAT, Е/л / AsAT, Е/л	-0,112±0,199	0,007±0,204	0,100±0,199
АлАТ, Е/л / АlАТ, Е/л	-0,201±0,196	0,240±0,198	0,041±0,200
AcAT/АлАТ / AsAT/AlAT	0,237±0,194	-0,028±0,204	0,013±0,200
ЩФ, Е/л / AP, Е/л	0,101±0,199	0,208±0,200	0,396±0,184*
ЩФ*глюкоза/мочевина / AP*glucose/urea	0,025±0,200	0,145±0,202	0,610±0,159***
ЛДГ, Е/л / LDG, Е/л	0,214±0,195	-0,152±0,202	0,137±0,198
ГГТ, Е/л / GGT, Е/л	0,257±0,193	-0,191±0,200	-0,233±0,194
КФК, Е/л / CFK, Е/л	-0,143±0,198	-0,382±0,189	-0,216±0,195
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	-0,017±0,200	0,045±0,204	-0,056±0,200
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	0,273±0,192	0,088±0,203	0,014±0,200
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	-0,213±0,195	-0,032±0,204	-0,073±0,199
А/Г / A/G	0,271±0,193	0,099±0,203	0,069±0,200
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	0,267±0,193	-0,039±0,204	-0,467±0,177*
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	-0,040±0,200	-0,281±0,196	0,355±0,187
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	0,300±0,191	0,321±0,193	-0,269±0,193
Глюкоза + Холестерин / Glucose + Cholesterol	0,134±0,198	-0,019±0,204	0,11±0,199
Кальций, мг% / Calcium, mg%	0,067±0,200	-0,107±0,203	-0,041±0,200
Фосфор, мг% / Phosphorus, mg%	0,436±0,18*	-0,345±0,192	-0,164±0,197
Кальций / Фосфор / Calcium / Phosphorus	-0,441±0,179*	0,331±0,193	0,131±0,198

Примечания: отмечены (*** – коэффициенты корреляции с $P < 0,001$; ** – $P < 0,01$; * – $P < 0,05$ /

Notes: marked (*** – correlation coefficients with $P < 0.001$; ** – $P < 0.01$; * – $P < 0.05$.

У жвачных животных углеводный обмен играет значительную роль в предопределении уровня и интенсивности других обменов. Основным показателем метаболизма углеводов служит концентрация глюкозы в крови. Глюкоза является важным, хотя не единственным для жвачных животных, источником энергии. Более того, она является основным энергетическим и пластическим материалом для тканей вымени, поставщиком углерода для синтеза лактозы, липидов, белков молока. Запасы глюкозы в организме за счёт всасывания из пищеварительного тракта пополняются только на 10-20 % общего расхода глюкозы, а остальная часть её образуется из летучих жирных кислот, небелковых веществ (лактата, пирувата), белков и аминокислот [8, 9].

Концентрация глюкозы в сыворотке крови является показателем интенсивности

клеточного метаболизма, процессов энергетического обмена и адаптивных качеств животных [10]. В нашем исследовании более высокая концентрация глюкозы у высокомолочных маток, возможно, объясняется более интенсивным течением процессов клеточного метаболизма, лучшей субстратно-энергетической обеспеченностью обменных процессов, повышенными адаптивными качествами, связанными с особенностями пищевого поведения высокомолочных особей.

Щелочная фосфатаза входит в перечень семи наиболее часто определяемых в лабораторной диагностике ферментов сыворотки крови. Этим подчёркивается её значение в качестве индикатора метаболического статуса организма. ЩФ содержится практически во всех тканях, но прежде всего в костной ткани, паренхиме печени и стенках желчных

протоков (откуда выделяется с желчью), проксимальных отделах извитых канальцев почек, лактирующей молочной железе, плаценте, клетках слизистой оболочки кишечника. Особенно много её обнаруживается в растущих костях (фермент содержится в мембранах остеобластов). ЩФ – негомогенный фермент; различают, как минимум, пять её тканево-специфических изоферментов в сыворотке крови: плацентарный, костный, печеночный, кишечный, почечный [11, 12].

Показано катализитическое влияние энзима на липидный и углеводный метаболизм. Этот фермент принимает участие в процессах резорбции углеводов и липидов в тонком кишечнике. Она активирует всасывание глюкозы в почечных нефронах. Установлено действие ЩФ на реакции синтеза фруктозы из глюкозы [13]. ЩФ можно рассматривать и как фермент, выпускающий глюкозу из тканей, что напрямую влияет на уровень глюкозы в крови. Минимальная активность ЩФ свидетельствует об энергетическом покое в силу минимума свободного фонда термозапасающего фосфата, повышение активности ЩФ означает появление дополнительного фонда фосфатов, который необходим для КФК-системы снабжения [5, 14, 15].

Считается, что по активности ЩФ в крови можно судить об обеспеченности организма витамином D и состоянии фосфорно-кальциевого обмена. Ее активность повышается при нарушении фосфорно-кальциевого обмена, заболеваниях – остеомаляции и рахите³.

Активность ЩФ в сыворотке крови изменяется как при некоторых заболеваниях, так и различных физиологических состояниях здорового организма. По данным медицинской и ветеринарной литературы, физиологическими причинами увеличения являются возраст от рождения до полового созревания и последний триместр беременности. Повышение активности энзима происходит также при ряде патологических состояний, например, холестазе, обструктивных заболеваниях печени, токсическом гепатите, остеомаляции^{4, 5}[16].

В ряде работ показана связь активности ЩФ сыворотки крови с продуктивностью сельскохозяйственных животных. Так, повышение

продуктивности за 305 суток лактации у первотелок на 361-588 кг ($P < 0,001$), у коров 2-го отела на 308 кг сопровождается повышением активности щелочной фосфатазы на $11,3 \pm 2,5$ Е/л ($P < 0,001$) [17].

Во все месяцы лактации активность ЩФ была выше у более высокоудойных коров, но различия были статистически не достоверными ($P > 0,05$). Между активностью ЩФ в крови и уровнем среднесуточных удоев установлена корреляция. В 1 группе она составляла $r = 0,65$; а во второй группе $r = 0,63$ [18].

Потомство лучших по продуктивности хряков отличалось большей напряженностью обменных процессов в 3-месячном возрасте, что устанавливалось по активности щелочной фосфатазы, уровень которой превосходит аналогов, полученных от менее продуктивных животных на 17,8-19,2 % ($P < 0,001$) [19].

Ш. Т. Рахимов и другие, выявили взаимосвязь уровня ЩФ в крови с плодовитостью маток. Высокая активность фосфатазы в крови положительно коррелирует с выходом ягнят на объягнившихся маток. Так, например, уровень двойняевидных ягнений составлял у маток с высокой активностью ЩФ 14,71 %, что на 12,67 и 4,95 % больше, чем у средне- и низкоактивных сверстниц [20].

Увеличение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови высокопродуктивных овцематок в наших исследованиях свидетельствует об увеличении роли фермента в поддержании энергетического гомеостаза за счёт обмена фосфорорганических соединений. В какой-то степени это можно связать с компенсаторной ролью этого повышения для поддержания оптимального уровня глюкозы в крови. Возможно и другое объяснение. Повышение активности ЩФ у высокомолочных овцематок происходит за счёт повышенного её синтеза в молочной железе. Ягнятамолочники нуждаются в поступлении ЩФ с молоком. Есть данные, что при образовании молока фазы секреторного цикла клетки альвеолярного эпителия катализируют оксидоредуктазы и фосфатазы, обеспечивающие последние энергией и осуществляющие транспортирование сырья и секрета [1].

³Производство молока: Справочник. Н. Г. Дмитриев, В. И. Мосийко, С. С. Брага и др.; Сост. Н. Г. Дмитриев. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.

⁴Камышников В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 911 с.

⁵Холод В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. Минск: Ураджай, 1988. С. 139-150.

Заключение. Итак, полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что высокомолочные матки 3 группы имеют метаболические особенности, которые формируются в результате адаптации организма к напряжённой лактационной деятельности. Наибольшую отрицательную сопряжённость с удоем имела мочевина ($r = -0,47$). Понижение уровня мочевины с ростом молочной продуктивности мы связываем с более эффективным усвоением азота рациона, усиленным включением аминогрупп в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока.

Наряду с азотом, для синтеза молока требуется глюкоза как в качестве энергетического, так и пластического материала. Глюкоза ($r = 0,36$) и ЩФ ($r = 0,40$) положительно коррелировали с удоем. Такую связь мы объяс-

няем следующим образом: увеличение интенсивности процессов клеточного метаболизма с ростом молочной продуктивности требует адаптивного повышения глюкозы в крови, а для обеспечения такого повышения требуетсѧ компенсаторный рост активности ЩФ.

Направленность интеграции белкового и углеводного обмена на пике лактации, выраженная предлагаемым нами комплексным индексом ЩФ*глюкоза/мочевина ($r = 0,61$), служит одним из факторов, детерминирующих потенциал молочной продуктивности высокомолочных овцематок. Кроме того, данный индекс может служить неким критерием адаптационной компетенции при отборе маток и дополнительным аргументом использования особей с наибольшим индексом в селекционном процессе.

Список литературы

1. Кудрин А. Г. Прогнозирование молочной продуктивности крупного рогатого скота по активности ферментов крови (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2003;(2):8-11.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18094346&>
2. Костылев М. Н., Барышева М. С., Хуртина О. А. Молочная продуктивность овец романовской породы. Современные научноемкие технологии. Региональное приложение. 2015;(4):179-183.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25239547>
3. Кирилов М. П., Виноградов В. Н., Зотеев В. С. Показатели рубцового пищеварения и биохимический статус крови высокопродуктивных коров при скармливании цеолита. Зоотехния. 2007;(6):8-10.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11717702>
4. Еловиков С. Б., Менькова А. А. Метаболизм азотистых веществ у лактирующих коров при применении новых БВМД. Зоотехния. 2007;(1):14-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11733439>
5. Рослый И. М., Водолажская М. Г. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных. 1. Цитолитический синдром или фундаментальный механизм? Вестник ветеринарии. 2007;(4):63-76.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600769>
6. Профилактика нарушений обмена веществ у сельскохозяйственных животных. Пер. со словац. К. С. Богданова, Г. А. Терентьевой; под ред. и с предисл. А. А. Алиева. М.: Агропромиздат, 1986. 384 с.
7. Хазмухаметова И. Ф., Идрисова Р. Р. Лечение коров при гепатозе. Ветеринария. 2008;(5):39-42.
8. Громыко Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии. Экологический вестник Северного Кавказа. 2005;(2):80-94. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21237568>
9. Григорьев Н. Г, Волков Н. П., Воробьев Е. С., Гарист А. В., Фицев А. И., Воронкова Ф. В. Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.
10. Bogoliubova N. V., Romanov V. N., Devyatkin V. A., Gusev I. V., Rykov R. A., Bagirov V. A. Digestion and metabolic parameters of domestic sheep and their hybrids with Argali. Book of Abstract of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP). Warsaw, Poland. 2015;(21):367.
11. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Т. 1. 392 с.
12. Соболева Ю. Г., Холод В. М., Баран В. П., Постранш И. Ю. Оценка активности щелочной фосфатазы у крупного рогатого скота в возрастном аспекте и при диспепсии. Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2012;1:222-226.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18848634>
13. Дементьева Т. А. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови свиней при откорме до разной живой массы. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2014;(1):56-59.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21322784>
14. Рослый И. М., Водолажская М. Г., Чеглова И. А. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: 2. Биохимические показатели крови в переводе на язык физиологии. Вестник ветеринарии. 2008;(1):51-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600816>

15. Водолажская М. Г., Рослый И. М. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: 7. Биохимические показатели крови беременных как пример выраженной физиологической адаптации циклического характера. Вестник ветеринарии. 2009;(2):59-72.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12109556>

16. Яковенко Э. П., Григорьев П. Я. Хронические заболевания печени: диагностика и лечение. Русский медицинский журнал. 2003;11(5):291-296.

Режим доступа: https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie_zabolevaniya_pecheni_diagnostika_i_lechenie/

17. Кудрин А. Г. Ферменты крови и прогнозирование продуктивности молочного скота. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2006. 142 с.

18. Ерёменко В. И., Карпенкова К. В. Ферментативный профиль крови у лактирующих коров с разным уровнем продуктивности. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015;(2):69-70. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23293391>

19. Дементьева Т. А., Жучаев К. В. Фосфатазная активность крови в оценке генотипов хряков. Современные научно-технические технологии. 2009;(12):34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=129993864>

20. Рахимов Ш. Т., Раджабов Н., Шералиев Ф. Прогнозирование плодовитости овец гиссарской породы по сывороточным ферментам крови. Овцы, козы, шерстяное дело. 2015;(2):39-40.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23854806>

References

1. Kudrin A. G. *Prognozirovaniye molochnoy produktivnosti krupnogo rogatogo skota po aktivnosti fermentov krovi (obzor)*. [Forecast of milk productivity of cattle according to activity of blood enzymes (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2003;(2):8-11. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18094346&>

2. Kostylev M. N., Barysheva M. S., Khurtina O. A. *Molochnaya produktivnost' ovets romanovskoy porody*. [The milk productivity of romanov sheep breed]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie* = Modern High Technologies. Regional Application. 2015;(4):179-183. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25239547>

3. Kirilov M. P., Vinogradov V. N., Zoteev B. C. *Pokazateli rubtsovogo pishchevareniya i biohimicheskiy status krovi vysokoproduktivnykh korov pri skarmlivaniyu tseolita*. [Indicators of cicatricial digestion and the biochemical status of the blood of highly productive cows when feeding zeolite]. *Zootehnika*. 2007;(6):8-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11717702>

4. Elovikov S. B., Men'kova A. A. *Metabolizm azotistykh veshchestv u laktiruyushchikh korov pri primenenii novykh BVMD*. [Metabolism of nitrogenous substances in lactating cows when using new BVMD]. *Zootehnika*. 2007;(1):14-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11733439>

5. Roslyy I. M., Vodolazhskaya M. G. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh. I. Tsitoliticheskiy sindrom ili fundamental'nyy mekhanizm?* [Comparative approaches in the assessment of the state of man and animals. 1. Cytolytic syndrome or the fundamental mechanism?]. *Vestnik veterinarii*. 2007;(4):63-76. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600769>

6. *Profilaktika narusheniy obmena veshchestv u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. [Prevention of metabolic disorders in farm animals]. Per. so slovats. K. S. Bogdanova, G. A. Terent'evoy; Pod red. i s predisl. A. A. Alieva. Moscow: Agropromizdat, 1986. 384 p.

7. Khazmukhametova I. F., Idrisova R. R. *Lechenie korov pri gepatoze*. [Treatment of cows with hepatosis]. *Veterinariya* = Veterinary. 2008;(5):39-42. (In Russ.).

8. Gromyko E. V. *Otsenka sostoyaniya organizma korov metodami biohimii*. [Appreciation of cows; organism state by biochemical methods]. *Ekologicheskiy vestnik Severnogo Kavkaza* = The North Caucasus Ecological Herald. 2005;(2): 80-94. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21237568>

9. Grigor'ev N. G., Volkov N. P., Vorob'ev E. S., Garist A. V., Fitsev A. I., Voronkova F. V. *Biologicheskaya polnotsennost' kormov*. [Biological value of feed]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 287 p.

10. Bogoliubova N. V., Romanov V. N., Devyatkin V. A., Gusev I. V., Rykov R. A., Bagirov V. A. Digestion and metabolic parameters of domestic sheep and their hybrids with Argali. Book of Abstract of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP). Warsaw, Poland. 2015;(21):367.

11. Dikson M., Ueb E. *Fermenty*. [Ferments]. Per. s angl. Moscow: Mir, 1982. Vol. 1. 392 p.

12. Soboleva Yu. G., Kholod V. M., Baran V. P., Postrash I. Yu. *Otsenka aktivnosti shchelochnoy fosfatazy u krupnogo rogatogo skota v vozrastnom aspekte i pri dispepsii*. [Estimation of alkaline phosphatase in cattle at the age aspect and with dyspepsia]. *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya*. 2012;1:222-226. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18848634>

13. Dement'eva T. A. *Aktivnost' shchelochnoy fosfatazy v syvorotke krovi sviney pri otkorme do raznoy zhivoty massy*. [Activity of alkaline phosphatase in the blood serum of pigs when fattening to different live weight]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2014;(1):56-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21322784>

14. Roslyy I. M., Vodolazhskaya M. G., Cheglova I. A. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh: 2. Biokhimicheskie pokazateli krovi v perevode na yazyk fiziologii*. [Comparative approaches in assessing the state of humans and animals: 2. Biochemical parameters of blood in translation into the language of physiology]. *Vestnik veterinarii*. 2008;(1):51-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600816>
15. Vodolazhskaya M. G., Roslyy I. M. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh: 7. Biokhimicheskie pokazateli krovi beremennykh kak primer vyrazhennoy fiziologicheskoy adaptatsii tsiklicheskogo kharaktera*. [Comparative approaches in the assessment of the state of man and animals: 7. Biochemical parameters of the blood of pregnant women as an example of a pronounced physiological adaptation of a cyclic nature]. *Vestnik veterinarii*. 2009;(2):59-72. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12109556>
16. Yakovenko E. P., Grigor'ev P. Ya. *Khronicheskie zabolевания печени: диагностика и лечение*. [Chronic liver diseases: diagnosis and treatment]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2003;(5):291-296. (In Russ.). URL: https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie_zabolевания_печени_diagnostika_i_lechenie/
17. Kudrin A. G. *Fermenty krovi i prognozirovaniye produktivnosti molochnogo skota*. [Blood enzymes and predicting the productivity of dairy cattle]. Michurinsk: Izd-vo MichGAU, 2006. 142 p.
18. Eremenko V. I., Karpenkova K. V. *Fermentativnyy profil' krovi u laktiruyushchikh korov s raznym urovnem produktivnosti*. [Enzymatic blood profile in lactating cows with different levels of productivity]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2015;(2):69-70. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23293391>
19. Dement'eva T. A., Zhuchaev K. V. *Fosfataznaya aktivnost' krovi v otsenke genotipov khryakov*. [Phosphatase activity of blood in the assessment of boar genotypes]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* = Modern high technologies. 2009;(12):34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12993864>
20. Rakhimov Sh. T., Radzhabov N., Sheraleev F. *Prognozirovaniye plodovitosti ovets gissarskoy porody po syvorotochnym fermentam krovi*. [Prediction of fecundity of Hissar sheep by blood serum enzymes]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2015;(2):39-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23854806>

Сведения об авторе

✉ **Жариков Яков Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела «Печорская опытная станция», Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: zharikov.yakov@yandex.ru

Information about the author

✉ **Yakov A. Zharikov**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Rucheynaya str. 27, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: zharikov.yakov@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Влияние микроэлементного комплекса на морфобиохимический состав крови телят

© 2021. С. В. Николаев

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Российская Федерация

В работе представлена оценка влияния микроэлементного комплекса Седимин на морфобиохимический состав крови телят в молочный период выращивания. Для эксперимента было сформировано 2 группы телок холмогорской голштинизированной породы в возрасте 2-3 недели. Телятам опытной группы трехкратно с интервалом в 7 дней внутримышечно инъецировали Седимин в дозе 5 мл, а контрольным животным соответствующим способом применяли физиологический раствор. Кровь для гематологических и биохимических исследований получали в начале эксперимента и через неделю после первой и последней инъекции. Согласно проведенным исследованиям установлено, что после однократной инъекции Седимина отсутствуют выраженные изменения в биохимическом профиле крови, за исключением снижения уровня мочевины на 30,6 % (с 4,9 до 3,4 ммоль/л; $P<0,001$). После трехкратного введения препарата наблюдался рост общего протеина на 9,6 % (с 54,2 до 59,4 г/л; $P<0,05$) и увеличение активности АлАТ в 2,2 раза ($P<0,001$), при этом в сравнении с контролем активность АсАТ была больше ($P<0,01$) на 43,4 % (57,5 Ед/л). Коэффициент де Ритиса в опытной группе снижался на 43,1 % (до 6,2; $P<0,01$), тогда как в контроле показатель, наоборот, увеличивался на 32,1 % (до 11,1). Отношение кальция к фосфору у всех животных снижалось на 28,8...32,1 % ($P<0,001$), однако у молодняка, обработанного Седимином, коэффициент был на 16,7 % (0,84) выше по отношению к интактной группе телят ($P<0,05$). Концентрация тиреоглобулина в опытной группе достоверно снижалась на 29,4 % (с 0,34 до 0,24; $P<0,01$) при стабильных значениях у телят, которым применяли физиологический раствор. Инъекции комплекса способствовали стабильному поддержанию в крови животных опытной группы железа, концентрация которого была выше в 3 раза ($P<0,01$) по отношению к контролю, где показатель составил 5,9 мкмоль/л. Также у контрольных животных наблюдалось снижение числа эритроцитов на 31,9 % (с $4,7 \cdot 10^{12}$ до $3,2 \cdot 10^{12}$) и гемоглобина на 19,5 % (с 87,2 до 70,2 г/л; $P<0,05$), при стабильных значениях в опытной группе, которые были выше на 56,3 % ($5,0 \cdot 10^{12}$) и 22,2 % (90,2 г/л) по отношению к контролю ($P<0,05$). Изменения в белой крови характеризовались более высоким уровнем лейкоцитов у телят опытной группы (на 27,7 %), в первую очередь за счет большего на 36,7 % ($4,1 \cdot 10^9$; $P<0,01$) числа лимфоцитарных клеток. Таким образом, трехкратная инъекция исследуемого препарата достаточно эффективно профилактировала железодефицит у телят в период кормления молоком и благоприятно отразилась на обменных процессах.

Ключевые слова: микроэлементы, Седимин, йод, селен, железо, метаболизм, телята

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания (тема № 0412-2019-0051).

Автор благодарит А. Ф. Сапожникова за практическую помощь в выполнении данной работы.

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Николаев С. В. Влияние микроэлементного комплекса на морфобиохимический состав крови телят. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):418-427. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.418-427>

Поступила: 14.04.2021 Принята к публикации: 09.06.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The effect of the microelement preparation on the morphobiochemical composition of the blood of calves

© 2021. Semyon V. Nikolaev

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation

The paper presents an assessment of the effect of the Sedimine microelement product on the morphobiochemical composition of the blood of calves during the milk feeding period. For the experiment, 2 groups of heifers of Holstein-Kholmogory breed at the age of 2-3 weeks were formed. The calves of the experimental group were injected intramuscularly with Sedimine at a dose of 5 ml three times with an interval of 7 days, and the control animals were given a saline solution in the same way. Blood for hematological and biochemical studies was obtained at the beginning of the experiment and a week after the first and last injection. According to the research it has been established, that after a single injection of Sedimine, there were no evident changes in the biochemical profile of the blood, with the exception of a decrease in the level of urea by

30.6% (from 4.9 to 3.4 mmol/l; $P<0.001$). After three-time administration of the drug, there was an increase in total protein by 9.6% (from 54.2 to 59.4 g/l; $P<0.05$) and an increase in ALAT activity by 1.2 times ($P<0.001$), while in comparison with the control, the activity of AsAT was greater ($P<0.01$) by 43.4% (57.5 U/l). The de Ritis coefficient in the experimental group decreased by 43.1% (to 6.2; $P<0.01$), while in the control group, on the contrary, the indicator increased by 32.1% (to 11.1). The ratio of calcium to phosphorus in all animals decreased by 28.8...32.1% ($P<0.001$), but in young animals treated with Sedimine, the ratio was 16.7% (0.84) higher compared to the intact group of calves ($P<0.05$). The concentration of thyroglobulin in the experimental group significantly decreased by 29.4% (from 0.34 to 0.24; $P<0.01$), with stable values in calves that were treated with saline. Injections of the preparation contributed to the stable maintenance of iron in the blood of animals of the experimental group, the concentration of which was 3 times higher ($P<0.01$) in relation to the control, where the indicator was 5.9 micromol/l. Also, the control animals showed a decrease in the number of red blood cells by 31.9% (from 4.7×10^{12} to 3.2×10^{12}) and hemoglobin by 19.5% (from 87.2 to 70.2 g/l; $P<0.05$), with stable values in the experimental group, which were higher by 56.3% (5.0×10^{12}) and 22.2% (90.2 g/l) compared to the control ($P<0.05$). Changes in white blood were characterized by a higher level of white blood cells in calves of the experimental group (by 27.7%), primarily due to a 36.7% (4.1×10^9 ; $P<0.01$) higher number of lymphocytic cells. Thus, a three-time injection of the test drug was quite effective in preventing iron deficiency in calves during milk feeding and had a positive effect on metabolic processes.

Keywords: trace elements, Sedimine, iodine, selenium, iron, metabolism, calves

Acknowledgements: The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment No. 0412-2019-0051.

The author thanks A. F. Sapozhnikov for his practical help in carrying out this work.

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the author declared no conflict of interest.

For citation: Nikolaev S. V. The effect of the microelement preparation on the morphobiochemical composition of the blood of calves. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):418-427. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.418-427>

Received: 14.04.2021

Accepted for publication: 09.06.2021

Published online: 23.06.2021

Успешная профилактика заболеваний заразной и незаразной этиологии во многом зависит от обеспеченности животных необходимыми нутриентами [1, 2]. Стоит отметить, что многие регионы Российской Федерации (включая Республику Коми) эндемичны по ряду заболеваний, обусловленных дефицитом микроэлементов, особенно таких жизненно важных, как селен и йод [3, 4, 5]. Нехватка данных веществ в организме негативно сказывается на процессах метаболизма и в конечном итоге приводит к снижению резистентности и органопатологиям [6, 7]. Особенно неблагоприятно дефицит микронутриентов влияет на молодняк, что обусловлено высокой активностью пластического обмена [8, 9]. Недостаток селена у молодняка приводит к возникновению беломышечной болезни, характеризующейся дистрофией скелетной мускулатуры, сердца, поражением нервной системы, костяка и печени. К дефициту селена более восприимчив рогатый скот, свиньи и птица [10]. Йодная недостаточность приводит к возникновению эндемического зоба, сопровождающегося снижением темпов роста и продуктивности [11].

Несмотря на избыток некоторых веществ в воде и почве, в отдельные периоды онтогенеза животные также могут испытывать их дефицит, который, как правило, связан с недоступностью данных компонентов для усвоения или особенностями питания в данный период жизни. Например, молодняк

в раннем постнатальном онтогенезе часто испытывает дефицит железа, по причине низкой концентрации данного элемента в молоке матери [12].

Комплексный микроэлементсодержащий препарат Седимин, в состав которого входят железо, селен и йод, широко используется для профилактики микроэлементозов у различных видов сельскохозяйственных животных [13]. Показано положительное влияние данного средства на воспроизводительную функцию крупного рогатого скота и свиней [13, 14]. Вместе с тем, влияние комплекса микроэлементов на обменные процессы в организме молодняка крупного рогатого скота в молочный период выращивания изучено недостаточно и требует дальнейших исследований.

Цель исследований – изучить влияние комплексного препарата Седимин на морфобиохимический состав крови и темпы роста телят.

Материал и методы. Работа выполнена в 2020 году в лаборатории иммунобиохимического анализа биологических объектов центра коллективного пользования «Агробиотехнология» Вятской ГСХА (г. Киров) и в отделе «Печорская опытная станция» Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Объектом исследований служили телята холмогорской породы с различной степенью голштинизации, принадлежащие одному из товарных хозяйств Корткеросского района

Республики Коми. Для экспериментальной работы было отобрано 20 телок в возрасте 2-3 недели, не имеющих какой-либо выраженной клинической патологии. Методом пар-аналогов животные были разделены на 2 группы по 10 животных в каждой. Телята содержались в одинаковых условиях, имели свободный доступ к воде, основу рациона составляло молоко (согласно схеме выпойки) и плющеная смесь кукурузы и ячменя. Для чистоты проводимого опыта из питания животных были исключены все витаминно-минеральные добавки и премиксы.

Перед началом эксперимента для биохимических и морфологических исследований от всех телят получали венозную кровь, часть из которой стабилизировали ЭДТА, а часть – отстаивали и отделяли сыворотку. Опытной группе молодняка инъецировали Седимин (производство ООО А-БИО Фирма, Россия) по 5 мл трехкратно с интервалом в 7 дней, в контрольной группе применяли аналогичным способом физиологический раствор. Интервалы получения крови после инъекций определены с учетом рекомендуемой производителем кратности введения препарата (однократная инъекция), а также после трех введений. Для этого через неделю после первой обработки у телят получали кровь для биохимических исследований, а по истечению 7 дней после последней (третьей) инъекции взятие крови осуществляли для морфобиохимического анализа.

Согласно литературным данным¹, суточная потребность в железе у телят в первые два месяца онтогенеза составляет 65...100 мг, тогда как Седимин содержит в своем составе 16...20 мг элемента на 1 мл. Таким образом, инъекция 5 мл средства может в полной мере удовлетворить суточную потребность организма в данном элементе, однако однократное введение препарата теоретически не способно обеспечить потребность в микроэлементе на весь молочный период выращивания. Именно это послужило обоснованием для оценки трехкратного применения данного комплексного средства.

Динамику живой массы телят определяли путем взвешивания до начала экспериментальной работы, а также на момент окончания молочного периода выращивания в возрасте двух месяцев.

¹Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. М., 2003. С. 144-145.

²Меркульева Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1970. 330 с.

Концентрацию белка, белковых фракций, мочевины, креатинина, глюкозы, билирубина, микро- и макроэлементов, активность аланин-аминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ), щелочной фосфатазы в сыворотке крови определяли на биохимическом анализаторе iMagic-V7 с применением коммерческих наборов реактивов фирмы «Диакон-Вет». Коэффициент де Ритиса рассчитывали как отношение АсАТ к АлАТ. Уровень общих иммуноглобулинов устанавливали преципитацией белков сыворотки 18 % сульфитом натрия с последующим измерением оптической плотности смеси при длине волны 400 нм. Степень эндотоксикоза определяли по концентрации веществ низкой и средней молекулярной массы (ВНСММ) в цельной крови по методике И. П. Степановой [15] в авторской модификации, при диапазоне длин волн от 298 до 238 нм с шагом 4 нм. Оптическую плотность проб определяли на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ.

Тиреоидный статус животных устанавливали на иммунохимическом анализаторе Immulite 2000XPi с использованием коммерческого набора Thyroid Uptake. Морфологическую картину крови определяли на ветеринарном гематологическом анализаторе URIT-3020, лейкограмму устанавливали визуальным подсчетом в мазках.

Статистический анализ проведен путем вычисления средней арифметической и стандартной ошибки, достоверность различий сравниваемых величин установлена при применении t-критерия Стьюдента² с использованием пакета программ Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Динамика основных биохимических показателей крови в опытной и контрольной группах телят показана в таблице 1. Установлено, что по истечении 7 дней после первой инъекции у экспериментальных телят достоверные изменения биохимического профиля происходят лишь по отношению к уровню мочевины и иммуноглобулинов. Так, концентрация конечного продукта белкового обмена в сыворотке опытной группы животных снижалась на 30,6 % ($P<0,001$), а уровень иммунных белков, наоборот, увеличивался в 2,3 раза в опыте и на 93,8 % в контроле ($P<0,01$).

**Таблица 1 – Изменения биохимического состава крови телят при применении препарата Седимин /
Table 1 – Changes in the biochemical composition of the blood of calves when using the Sedimin preparation**

Показатель / Indicator	До введения / Before injection		После 1-й инъекции / After the 1st injection		После 3-х инъекций / After 3 injections	
	группа / group					
	опыт / experiment	контроль / control	опыт / experiment	контроль / control	опыт / experiment	контроль / control
Общий билирубин, ммоль/л / Total bilirubin, mmol/l	2,7±0,2	2,4±0,2	3,6±0,6	2,2±0,3	1,3±0,4 ^a	1,1±0,3 ^a
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	4,9±0,2	4,7±0,4	3,4±0,2 ^a	3,7±0,2	2,8±0,2 ^a	2,8±0,2 ^a
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, Units/l	475±63	474±43	430±36	545±42	582±67	711±74 ^a
Общий протеин, г/л / Total protein, g / l	54,2±1,6	59,3±1,3	55,8±2,1	57,9±1,2	59,4±1,6 ^a	58,8±1,1
Альбумины, г/л / Albumins, g / l	33,4±0,6	35,3±0,6	34,2±0,9	35,4±0,6	34,8±0,4	37,1±0,5
Глобулины, г/л / Globulins, g / l	20,7±1,4	23,9±0,9	21,6±1,4	22,5±1,0	24,6±1,3	21,8±0,8
Альбумины/глобулины / Albumins/globulins	1,64±0,09	1,48±0,04	1,60±0,06	1,58±0,06	1,44±0,07 ^b	1,72±0,06 ^a
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,3±0,2	4,2±0,2	3,3±0,2	3,8±0,2	4,2±0,3	4,7±0,1
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	100,3±7,5	70,5±12,4	79,1±11,1	70,2±8,9	92,9±8,0	70,0±11,8
АлАТ, Ед/л / AIAT, Units/l	4,3±0,5	4,2±0,5	6,1±1,5	5,3±1,4	9,5±0,6 ^a	8,3±2,4
AcAT, Ед/л / AsAT, Units/l	44,3±3,4	31,1±2,0	45,3±2,8	35,1±3,9	57,5±2,3 ^{a,b}	40,1±3,3 ^a
AcAT/АлАТ / AsAT/AIAT	10,9±1,0	8,4±1,5	12,8±4,8	10,1±3,7	6,2±0,5 ^a	11,1±5,9
Иммуноглобулины, мг% / Immunoglobulins, mg%	25,1±3,4	29,1±3,9	57,4±7,0 ^a	56,4±4,1 ^a	77,4±6,0 ^a	72,4±5,6 ^a
BCHMM усл.ед./ SMLMW con. units	14,7±1,0	14,7±1,2	14,6±1,4	14,5±0,9	5,9±0,7 ^a	5,5±0,6 ^a

Примечание: Различия достоверны по отношению к собственным значениям на начало проведения эксперимента при ^aP<0,05...0,001; различия достоверны по отношению к значениям контрольной группы в тот же период при ^bP<0,05...0,001 /

Note: The differences are significant in relation to the eigenvalues at the beginning of the experiment at ^aP<0.05...0.001; the differences are significant in relation to the values of the control group in the same period at ^bP<0.05...0.001

По истечении месяца экспериментальной работы у телят двух групп наблюдалось достоверное снижение общего билирубина на 51,9...54,2 % (P<0,01) и мочевины на 40,4...42,9 % (P<0,01...0,001). В контрольной группе молодняка к концу исследований присутствовало увеличение активности щелочной фосфатазы на 50,0 % (P<0,05), в опытной данный показатель изменялся незначительно. У телят, которым инъецировали комплекс микроэлементов, наблюдался рост общего протеина на 9,6 % (P<0,05), концентрация белка в крови у контрольных животных оставалась неизменной. Перераспределение белковых фракций способствовало изменению альбумино-глобулинового отношения, при этом в кон-

трольной группе присутствовало увеличение показателя на 16,2 % (P<0,01), а в опытной, наоборот, происходило его снижение на 12,2 %.

На фоне применения Седимина отмечено повышение активности трансамина: АлАТ в 2,2 раза (P<0,001) и AcAT на 29,8 % (P<0,05) по отношению к собственным значениям на начало эксперимента. В контрольной группе наблюдалось достоверное увеличение лишь активности AcAT на 28,9 % (P<0,05), при этом ее значения оставались ниже на 43,4 % по сравнению с показателем телят опытной группы (P<0,01). Коэффициент де Ритиса в опытной группе снизился на 43,1 % (P<0,01) и был более оптимальный по сравнению с контролем, где показатель, наоборот, вырос

на 32,1 %. С учетом того, что повышение коэффициента, как правило, возникает на фоне повреждения сердечной мускулатуры, можно предположить, что селен, входящий в состав комплексного препарата, оказывал кардиопротективное действие и способствовал более оптимальному соотношению трансамина.

Динамика иммуноглобулинов у животных двух групп характеризовалась увеличением их концентрации в 1,5...2,1 раза ($P<0,001$), а степень эндогенной интоксикации по мере увеличения возраста телят, наоборот, снижалась на 59,9...62,6 % ($P<0,001$), вне зависимости от вида обработки.

Изменения минерального обмена (табл. 2) у телят контрольной и опытной групп по истечении 14 дней эксперимента характеризовались схожим снижением кальция на 22,3...23,1 % ($P<0,001$), при стабильной концентрации фосфора, что способствовало снижению кальций-фосфорного коэффициента на 23,7 % ($P<0,001$) в опытной и на 19,8 % в контрольной группах ($P<0,01$). Концентрация железа, при сравнении начальных показателей и через 7 дней, в опытной группе не имела достоверных различий, тогда как в контроле его содержание снизилось на 44,5 % ($P<0,01$).

Таблица 2 – Динамика микро- и макроэлементов у телят, участвующих в эксперименте /
Table 2 – Dynamics of micro-and macroelements in calves participating in the experiment

Показатель / Indicator	До введения / Before injection		После 1-й инъекции / After the 1st injection		После 3-х инъекций / After 3 injections	
			группа / group			
	опыт / experiment	контроль / control	опыт / experiment	контроль / control	опыт / experiment	контроль / control
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	2,86±0,08	2,91±0,04	2,20±0,04	2,26±0,04	2,72±0,06	2,77±0,07
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	2,44±0,10	2,77±0,12	2,44±0,05	2,68±0,12	3,26±0,11 ^{a,b}	3,89±0,17 ^a
Кальций/фосфор / Calcium/Phosphorus	1,18±0,03	1,06±0,05	0,90±0,02	0,85±0,03	0,84±0,02 ^{a,b}	0,72±0,05 ^a
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l	0,87±0,02	0,87±0,03	0,81±0,02	0,83±0,02	0,81±0,03	0,83±0,01
Железо, мкмоль/л / Iron, mmol/l	15,7±3,5	8,3±1,4	13,0±4,2	4,6±0,4	17,7±3,2 ^b	5,9±1,3
Цинк, мкмоль/л / Zinc, mmol/l	14,9±1,7	18,1±0,5	10,6±0,6	15,7±1,3	12,1±0,6 ^b	15,3±0,5 ^a
Медь, мкмоль/л / Copper, mmol/l	10,9±0,3	11,3±0,3	11,1±0,2	11,0±0,2	14,3±0,1 ^a	13,9±0,5 ^a

Примечание: Различия достоверны по отношению к собственным значениям на начало проведения эксперимента при ^a $P<0,05...0,001$; различия достоверны по отношению к значениям контрольной группы в тот же период при ^b $P<0,05...0,001$

Note: The differences are significant in relation to the eigenvalues at the beginning of the experiment at ^a $P<0.05...0.001$; the differences are significant in relation to the values of the control group in the same period at ^b $P<0.05...0.001$

Анализируя динамику макроэлементов после трехкратной обработки животных препаратом Седимин, можно констатировать, что на фоне восстановления уровня кальция до значений, полученных в начале эксперимента, содержание фосфора в сыворотке животных увеличивалось: в контроле на 40,4 % ($P<0,001$), у телят опытной группы – на 33,6 % ($P<0,01$), при этом показатель опытных животных был ниже по отношению к контролю на 16,1 % ($P<0,05$). Отношение кальция к фосфору у всех животных снижалось на протяжении эксперимента на 28,8...32,1 % ($P<0,001$), однако у

молодняка, которому инъектировали Седимин, коэффициент был на 16,7 % выше ($P<0,05$), чем у телят интактной группы.

Концентрация железа в сыворотке крови опытной группы животных после трех инъекций незначительно увеличилась (на 12,7 %), тогда как в контроле, наоборот, просматривалась тенденция по снижению уровня данного микроэлемента (на 28,9 %). У молодняка, которому инъектировали Седимин, уровень железа был выше по отношению к контролю в 3 раза ($P<0,01$). Содержание цинка у телят двух групп к концу эксперимента снизилось

на 14,9...18,8 %, тогда как концентрация меди выросла на 23,0...31,2 ($P<0,001$).

С учетом наличия йода в исследуемом препарате у телят, участвующих в эксперименте, была проведена оценка функциональной активности щитовидной железы по концентрации тиреоглобулина и тиреоидных гормонов. Как показали данные иммуноферментного анализа (табл. 3), уровень общего тироксина и трийодтиронина в двух группах с истечением времени незначительно увеличивался, не имея достоверных различий, концентрация тиреоглобулина в опытной

группе достоверно снизилась на 29,4 % ($P<0,01$) при стабильных значениях у телят, которым применяли физиологический раствор. С учетом того, что концентрация тиреоглобулина повышается при интенсивной секреции тиреотропного гормона и патологиях щитовидной железы, связанных с ее гиперплазией, можно предположить, что снижение концентрации данного прогормона обусловлено снижением функциональной активности данной железы внутренней секреции, которая может быть вызвана «насыщением» организма йодом.

**Таблица 3 – Изменение тиреоидного статуса у телят, участвующих в эксперименте, нг/мл /
Table 3 – Changes in thyroid status in calves participating in the experiment, ng/ml**

Показатель / Indicator	До введения / Before injection		После 3-х инъекций / After 3 injections	
	группа / group			
	опыт / experiment	контроль / control	опыт / experiment	контроль / control
Общий тироксин / Total thyroxine	99,7±6,6	101,2±5,2	101,6±9,4	108,9±5,9
Общий трийодтиронин / Total triiodothyronine	1,84±0,21	1,93±0,27	1,93±0,17	2,25±0,26
Тиреоглобулин / Thyroglobulin	0,34±0,02	0,35±0,03	0,24±0,02 ^{a, b}	0,37±0,07

Примечание: Различия достоверны по отношению к собственным значениям на начало проведения эксперимента при $^aP<0,05...0,001$; различия достоверны по отношению к значениям контрольной группы в тот же период при $^bP<0,05...0,001$ /

Note: The differences are significant in relation to the eigenvalues at the beginning of the experiment at $^aP<0.05...0.001$; the differences are significant in relation to the values of the control group in the same period at $^bP<0.05...0.001$

Выраженные изменения происходили в морфологическом составе крови (табл. 4). Так, при одинаковых значениях содержания эритроцитов у телят двух групп в начале эксперимента с истечением месяца у контрольных животных наблюдалось снижение числа красных кровяных клеток на 31,9 %, в опытной группе их концентрация оставалась стабильной и была выше на 56,3 % по отношению к контролю ($P<0,05$). Более низкая концентрация эритроцитов в крови у телят, получавших физраствор, способствовала снижению гематокрита на 38,3 % ($P<0,05$). Уровень гемоглобина в опытной группе молодняка также оставался стабильным, у контрольных животных он снизился на 19,5 % ($P<0,05$), и был меньше на 22,2 % по отношению к опыту ($P<0,05$). Несмотря на это, концентрация гемоглобина в эритроцитах животных, которым применяли Седимин, была ниже на 22,2 % по сравнению с контролем ($P<0,05$). По всей видимости, данное явление обусловлено гиперхромией эритроцитов контрольной группы телят, которая могла развиться на

фоне дистрофических изменений в печени, вызванных недостатком селена.

Изменения в белой крови характеризовались более выраженным лейкоцитозом у телят опытной группы (концентрация лейкоцитов была выше на 27,7 % по отношению к контролю) главным образом за счет лимфоцитарных клеток, абсолютное содержание которых было больше на 75,0 % по отношению к контролю ($P<0,05$).

Анализ лейкограммы показал, что относительный уровень нейтрофилов в опытной группе телят снизился на 28,1 % ($P<0,05$) по отношению к значениям в начале экспериментальной работы, тогда как в контрольной группе их концентрация, наоборот, увеличилась на 29,6 % ($P<0,05$). При этом относительное количество нейтрофильных гранулоцитов в опытной группе животных к моменту окончания эксперимента была ниже на 35,0 % по отношению к контролю ($P<0,01$). Обратная картина наблюдалась в лимфоцитарном профиле: снижение числа лимфоцитов у телят контрольной группы на 22,8 % ($P<0,05$) по

сравнению с начальными значениями и увеличение их количества на 25,6 % в опытной группе. Таким образом, концентрация лимфоцитов к концу эксперимента в опытной группе

телят была выше на 36,7 % по отношению к контролю ($P<0,01$), что более характерно для показателей лейкоцитарного профиля крови взрослых животных.

Таблица 4 – Изменения морфологического состава крови у телят на фоне применения минерального комплекса /

Table 4 – Changes in the morphological composition of the blood in calves against the background of the use of the mineral preparation

Показатель / Indicator	До введения / Before injection		После 3-х инъекций / After 3 injections	
	группа / group		опыт / experiment	контроль / control
	опыт / experiment	контроль / control		
Эритроциты, 10 ¹² /л / Red blood cells, 10 ¹² /l	4,8±0,5	4,7±0,6	5,0±0,5 ^b	3,2±0,4
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	88,0±2,9	87,2±2,8	90,2±6,2 ^b	70,2±6,6 ^a
Гематокрит, % / Hematocrit, %	19,5±2,1	19,9±2,6	20,9±2,4 ^b	12,9±1,9
Средний объем эритроцита, фл / Average red blood cell volume, fl	41,1±1,0	41,9±1,0	41,7±1,0	38,8±1,1
Содержание гемоглобина в эритроците, пг/мл / The content of hemoglobin in the red blood cell, pg/ml	19,3±1,4	19,7±1,8	18,6±1,0 ^b	22,4±1,2
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Platelets, 10 ⁹ /l	439,7±38,2	416,2±31,2	480,0±31,4	518,0±58,2
Концентрация гемоглобина в эритроците, г/л / The concentration of hemoglobin in the red blood cell, g/l	469,5±30,2	474,0±49,8	445,3±21,4 ^b	572,0±34,8
Анизоцитоз эритроцитов, % / Anisocytosis of red blood cells, %	27,2±0,6	29,4±2,2	28,3±0,7	27,7±0,7
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / White blood cells, 10 ⁹ /l	8,7±0,9	7,6±0,5	8,3±0,5 ^b	6,5±0,6
Нейтрофилы, 10 ⁹ /л / Neutrophils, 10 ⁹ /l	4,4±0,6	2,8±0,4	3,5±0,3	3,6±0,4
Эозинофилы, 10 ⁹ /л / Eosinophils, 10 ⁹ /l	0,1±0,0	0,2±0,1	0,0±0,0	0,0±0,0
Моноциты, 10 ⁹ /л / Monocytes, 10 ⁹ /l	0,6±0,1	0,8±0,2	0,6±0,1	0,4±0,1
Лимфоциты, 10 ⁹ /л / Lymphocytes, 10 ⁹ /l	3,5±0,3	3,8±0,3	4,1±0,5 ^b	2,4±0,3 ^a
Базофилы, 10 ⁹ /л / Basophils, 10 ⁹ /l	0,1±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Лейкограмма, % / Leukogram, %				
Нейтрофилы / Neutrophils	50,5±3,1	43,2±3,7	36,4±4,0 ^{a,b}	56,0±2,5 ^a
Эозинофилы / Eosinophils	1,1±0,3	0,3±0,1	2,0±1,1	0,4±0,1
Базофилы / Basophils	0,6±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	0,7±0,2
Лимфоциты / Lymphocytes	40,6±2,5	48,3±3,6	51,0±4,3 ^b	37,3±2,4 ^a
Моноциты / Monocytes	7,2±1,2	7,7±1,5	10,1±2,0	5,6±1,0

Примечание: Различия достоверны по отношению к собственным значениям на начало проведения эксперимента при ^aP<0,05...0,001; различия достоверны по отношению к значениям контрольной группы в тот же период при ^bP<0,05...0,001 /

Note: The differences are significant in relation to the eigenvalues at the beginning of the experiment at ^aP<0.05...0.001; the differences are significant in relation to the values of the control group in the same period at ^bP<0.05...0.001

При измерении живой массы телят не установлено положительного влияния микрэлементного комплекса на прирост (табл. 5). Так, среднесуточный прирост в контрольной группе животных составил 1090,1±176,8 г, в опытной группе данный показатель был не-

достоверно ниже на 14,9 %. По всей видимости, отсутствие положительного влияния препарата на прирост живой массы обусловлено выраженной активизацией процессов энергетического обмена. Стоит отметить, что современные подходы, связанные с интенсивным

выращиванием ремонтного молодняка, с физиологической точки зрения не всегда обоснованы. Активный откорм телок зачастую приводит к повышению упитанности, формированию значительного количества жировой ткани

и дистрофии скелетной мускулатуры, что, в свою очередь, негативно сказывается на репродуктивной функции и обмене веществ. Поэтому с этой позиции полученные результаты требуют дальнейших исследований.

Таблица 5 – Динамика изменения массы телят при применении исследуемого препарата /

Table 5 – Dynamics of changes in the weight of calves when using the test preparation

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Группа / Group</i>	
	<i>опыт / experiment</i>	<i>контроль / control</i>
Живая масса теленка в начале экспериментальной работы, кг / Live weight of the calf at the beginning of the experimental work, kg	39,8±2,3	40,7±3,8
Живая масса теленка на момент окончания молочного периода выращивания (возраст 2 месяца), кг / Live weight of the calf at the end of the milk feeding period (age 2 months), kg	74,2±6,9	81,0±4,4
Среднесуточный прирост, г / Average daily growth, g	927,9±212,6	1090,1±176,8

Заключение. Биохимический анализ крови показал, что однократное введение препарата Седимин не оказывает существенного влияния на метаболизм у телят в молочный период выращивания, однако способствует поддержанию уровня железа в крови. При трехкратном введении исследуемого препарата у телят наблюдаются выраженные изменения в биохимическом и морфологическом профиле: наблюдается увеличение общего белка на 9,6 % и перераспределение его фракций, активация процессов переаминирования аминокислот (рост АлАТ в 2,2 раза и АсАТ на 29,8 %). Влияние комплекса микроэлементов отражается в поддержании опти-

мального уровня железа, а также концентрации гемоглобина и эритроцитов в крови, тогда как в контроле наблюдается снижение показателей (железа на 44,5 %, гемоглобина на 19,5 %). Уменьшение содержания в сыворотке тиреоглобулина на 29,4 % говорит о снижении функциональной нагрузки на щитовидную железу. Таким образом, исследуемый микроэлемент, содержащий комплекс, оказывает положительное влияние на обменные процессы у молодняка крупного рогатого скота, что позволяет снизить риск возникновения патологий, связанных с нарушением метаболизма на фоне микроэлементозов.

Список литературы

1. Кочегаров С. Н., Лылык С. Н., Пустовой С. А., Ленчевский С. А., Краснощекова Т. А., Перепёлкина Л. И. Влияние скармливания йодированного и селенобогащенного соевого белка на продуктивность крупного рогатого скота и свиней. Зоотехния. 2011;(3):15-16.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15613554>
2. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):483-502. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>
3. Мирошников С. А., Морган Г. А., Харламов А. В., Фролов А. Н., Завьялов О. А., Атландерова К. Н. Воспроизводительные качества коров герефордской породы канадской селекции в условиях Южно-Уральской биогеохимической провинции. Животноводство и кормопроизводство. 2018;101(4):109-116.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36736492>
4. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Ламинария японская и расторопша пятнистая для повышения продуктивности быков-производителей. Ветеринария. 2020;(12):43-46.
DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.43-46>
5. Shemuranova N., Garifullina N., Filatov A., Sapozhnikov A., Plemyashov K. Bulls' productivity using bio active additive «Lamarin Saldonus». Animal Reproduction Science. 2020;220:106445.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106445>

6. Конопельцев И. Г., Сапожников А. Ф., Николаев С. В. Иммунологические показатели телок и нетелей при назначении препаратов с селеном. Современные научно-практические достижения в ветеринарии: сб. статей Международ. научн.-практ. конф. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 21-25.
7. Шуплецова Н. Н., Конопельцев И. Г., Бледных Л. В. Влияние Селенолина, Седимина и Элеовита на воспроизводительную способность и уровень эндогенной интоксикации у телок и нетелей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(5 (42)):46-51. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21949845>
8. Залюбовская Е. Ю. Использование хелатных форм йода, кобальта и селена в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018;(4):125-132. DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-125-132>
9. Баймишев Х. Б. Морфологические показатели органов гемоиммунопоэза новорожденных телят. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2014;217(1):26-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21408179>
10. Апиева Э. Ж., Поветкин С. Н. Беломышечная болезнь и эффективность препарата Седимин в ее профилактике. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010;(25):141-144.
11. Ковзов В. В., Фомченко И. В., Юркевич В. А. Профилактика недостаточности йода, селена и железа у телят и поросят с использованием ветеринарного препарата «Феросел». Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2013;49(1-2):110-113. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21523048>
12. Николаев С. В. Особенности изменений биохимического состава крови у телят в раннем постнатальном онтогенезе. Международный вестник ветеринарии. 2020;(4):165-169. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44402170>
13. Жук В. С., Ковзов В. В. Обменные нарушения у высокопродуктивных коров и их коррекция с использованием препаратов "Белавит" и "Седимин-Плюс". Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2012;48(1):80-83. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21587055>
14. Коротаева О. С., Калинина Е. А. Седимин как один из факторов увеличения роста поросят-отъемышей. Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010;(4 (20)):110-114. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15503881>
15. Степанова И. П., Дмитриева Л. М., Зайнчковский В. И. Биохимический метод оценки эндогенной интоксикации у коров. Ветеринария. 2004;(7):35-39.

References

1. Kochegarov S. N., Llylyk S. N., Pustovoy S. A., Lenchevskiy S. A., Krasnoshchekova T. A., Perepelkina L. I. *Vliyanie skarmlivaniya yodirovannogo i selenobogashchennogo soevogo belka na produktivnost' krupnogo rogatogo skota i sviney*. [Influence of feeding iodate and selenium cleaned soya protein on efficiency of a horned cattle and pigs]. *Zootekhnika*. 2011;(3):15-16. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15613554>
2. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. *Rasteniya kak osnova dlya sozdaniya ekologicheski bezopasnykh vysokofunktional'nykh biodobavok dlya zhivotnykh (obzor)*. [Plants as the basis for the development of environmentally friendly highly functional bioadditives for animals (review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):483-502. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>
3. Miroshnikov S. A., Morgan G. A., Kharlamov A. V., Frolov A. N., Zav'yakov O. A., Atlanderova K. N. *Vospriyvoditel'nye kachestva korov gereforskoy porody kanadskoy selektsii v usloviyakh Yuzhno-Ural'skoy biogeokhimicheskoy provintsii*. [Reproductive qualities of Hereford cows of Canadian breeding under conditions of South Ural biogeochemical province]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* = Herald of Beef Cattle Breeding. 2018;101(4):109-116. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36736492>
4. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. *Laminariya yaponskaya i rastoropsha pyatnistaya dlya povysheniya produktivnosti bykov-proizvoditeley*. [Laminaria japonica and silybum marianum to increase productivity of bulls-sires]. *Veterinariya* = Veterinary. 2020;(12):43-46. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.43-46>
5. Shemuranova N., Garifullina N., Filatov A., Sapozhnikov A., Plemyashov K. Bulls' productivity using bio active additive «Lamarin Saldonum». *Animal Reproduction Science*. 2020;220:106445.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106445>
6. Konopel'tsev I. G., Sapozhnikov A. F., Nikolaev S. V. *Immunologicheskie pokazateli telok i netelei pri naznachenii preparatov s selenom*. [Immunological parameters of heifers and bred heifers when prescribing drugs with selenium]. *Sovremennye nauchno-prakticheskie dostizheniya v veterinarii: sb. statey Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf.* [Modern scientific and practical achievements in veterinary medicine. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Kirov: Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2019. pp. 21-25.

7. Shupletsova N. N., Konopel'tsev I. G., Blednykh L. V. *Vliyanie Selenolina, Sedimina i Eleovita na vosproizvoditel'nyu sposobnost' i uroven' endogennoy intoksikatsii u telok i neteley*. [The influence of celenoline, cedimin and eleovite on reproductive ability and level of endogenic intoxication at heifers]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2014;(5 (42)):46-51. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21949845>

8. Zalyubovskaya E. Yu. *Ispol'zovanie khelatnykh form yoda, kobal'ta i selena v kormlenii molodnyaka krupnogo rogatogo skota*. [Application of iodine helated forms, cobalt and selenium when feeding young cattle]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2018;(4):125-132. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-125-132>

9. Baymishev Kh. B. *Morfologicheskie pokazateli organov gemoimmunopoeza novorozhdennykh telyat*. [Morphological parameters of gemoimmunopoeza cal ves]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana*. 2014;217(1):26-32. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21408179>

10. Apieva E. Zh., Povetkin S. N. *Belomyshechnaya bolezn' i effek-tivnost' preparata Sedimin v ee profilaktike*. [White muscle disease and the effectiveness of Sedimine in its prevention]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010;(25):141-144. (In Russ.).

11. Kovzov V. V., Fomchenko I. V., Yurkevich V. A. *Profilaktika nedostatochnosti yoda, selena i zheleza u telyat i porosyat s ispol'zovaniem veterinarnogo preparata «Ferosel»*. [Prevention of iodine, selenium and iron deficiency in calves and piglets with the use of the veterinary drug "Ferosel"]. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znaka pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny*. 2013;49(1-2):110-113. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21523048>

12. Nikolaev S. V. *Osobennosti izmeneniy biokhimicheskogo sostava krovi u telyat v rannem postnatal'nom ontogeneze*. [Features of changes in the biochemical composition of calves'blood in early postnatal ontogenesis]. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii* = International Bulletin of Veterinary Medicine. 2020;(4):165-169. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44402170>

13. Zhuk V. S., Kovzov V. V. *Obmennye narusheniya u vysokoproduktivnykh korov i ikh korrektsiya s ispol'zovaniem preparatov "Belavit" I "Sedimin-Plyus"*. [Metabolic disorders cows and their correction with the use of drugs "Belavit" and "Sedimin -plus"]. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znaka pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny*. 2012;48(1):80-83. (In Belarus).

URL <https://elibrary.ru/item.asp?id=21587055>

14. Korotaeva O. S., Kalinina E. A. *Sedimin kak odin iz faktorov uvelicheniya rosta porosyat-ot'emyshay*. [Sedimin as one weanning pigs growth iccreasing factors]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* = Proceedingsof Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2010;(4 (20)):110-114. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15503881>

15. Stepanova I. P., Dmitrieva L. M., Zaynchkovskiy V. I. *Biokhimicheskiy metod otsenki endogennoy intoksikatsii u korov*. [Biochemical method of estimation of endogenous intoxication in cows]. *Veterinariya*. 2004;(7):35-39. (In Russ.).

Сведения об авторе

✉ **Николаев Семен Викторович**, кандидат вет. наук, научный сотрудник отдела «Печорская опытная станция» Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>, e-mail: semen.nikolaev.90@mail.ru

Information about the author

✉ **Semyon V. Nikolaev**, PhD in Veterinary Science, researcher, the Department "Pechora Experimental Station", A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya str., Syktyvkar, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>, e-mail: semen.nikolaev.90@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Влияние фитоэкстракта из трав на показатели метаболизма свиноматок и поросят

© 2021. А. А. Ивановский , Н. А. Латушкина, Е. Ю. Тимкина

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

Цель настоящих исследований заключалась в изучении влияния фитокомплекса, содержащего экстракты трав *R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria*, на биохимию крови подсосных свиноматок, развитие и сохранность полученных от них поросят до отъема. Для проведения эксперимента животные были распределены на опытную (Фитодобавка) и контрольную (комбикорм СПК-2) группы по 10 голов в каждой. Фитодобавка в сухой форме вводилась (индивидуально) в рацион свиней опытной группы в течение подсосного периода (30 суток) ежедневно, однократно из расчета на голову в сутки – 10 грамм. Перед началом и по окончании опыта у свиноматок исследовалась кровь на биохимические показатели, определялась многоплодность, качество родившихся поросят, масса гнезда и одного поросенка после рождения и перед отъемом, сохранность. В результате установлено, что концентрация исследуемых экстрактивных веществ в Фитодобавке – 13,5 г/кг, из которых 10,5 г приходится на долю экстистероидов и 3,0 г флавоноида рутин. Достоверные изменения содержания в крови общего белка по сравнению с началом опыта отмечены у свиней опытной группы с $60,2 \pm 0,5$ до $67,3 \pm 0,2$ г/л ($P < 0,05$) и контрольной – с $61,0 \pm 0,2$ до $66,1 \pm 0,1$ г/л ($P < 0,05$), содержание Са соответственно с $2,1 \pm 0,01$ до $2,7 \pm 0,02$ ммоль/л ($P < 0,05$) и с $2,0 \pm 0,01$ до $2,5 \pm 0,02$ ммоль/л ($P < 0,05$), находясь при этом в границах нормы. Количество альбуминов достоверно увеличилось только в опытной группе с $40,8 \pm 1,2$ до $49,3 \pm 2,8$ г/л ($P < 0,05$), в контроле с $42,2 \pm 2,1$ до $46,0 \pm 1,5$ г/л ($P > 0,05$). Число поросят с низкой жизнеспособностью в опытной группе оказалось в 2 раза меньше, чем в контрольной. Сохранность поросят в опытной группе к отъему составляла 92,6 %, в контроле – 83,2 %.

Ключевые слова: экстракт растений, свиньи, поросята, биохимия крови, сохранность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0088).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивановский А. А., Латушкина Н. А., Тимкина Е. Ю. Влияние фитоэкстракта из трав на показатели метаболизма свиноматок и поросят. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):428-435.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.428-435>

Поступила: 23.02.2021 Принята к публикации: 07.06.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

The effect of herbal phytoextract on metabolic parameters of sows and piglets

© 2021. Aleksander A. Ivanovskiy , Natalya A. Latushkina, Elena Yu. Timkina

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

The purpose of the research was to study the effect of a phytocomplex containing herbal extracts of *R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria* on blood biochemistry of milking sows, the development and viability of piglets born by the time of weaning. For the experiment, the animals were divided into an experimental (Phytoadditive) and a control (SPK-2 compound feed) groups, 10 animals each. Phytoadditive in dry form was introduced into the diet of pigs of the experimental group during the sucking period (30 days) daily, once per head per day - 10 grams (individually). Before the beginning and at the end of the experiment, the blood of sows was examined for biochemical parameters. The multiplicity, the quality of the piglets born, the weight of the nest and one pig after birth and before weaning, as well as viability were determined. As the result, it was found that the concentration of the investigated extractives in the Phytoadditive was 13.5 g/kg, of which 10.5 g were ecdysteroids and 3.0 g of flavonoid rutin. Significant changes in the total protein content in the blood compared with the beginning of the experiment were noted in experimental pigs from 60.2 ± 0.5 to 67.3 ± 0.2 g/l ($P < 0.05$) and in the control group from 61.0 ± 0.2 to 66.1 ± 0.1 g/l ($P < 0.05$), the "Ca" content from 2.1 ± 0.01 to 2.7 ± 0.02 mmol/l ($P < 0.05$) in the experimental group and from 2.0 ± 0.01 to 2.5 ± 0.02 mmol/l ($P < 0.05$) in the control groups, while being within the normal range. The amount of albumin significantly increased only in the experimental group from 40.8 ± 1.2 to 49.3 ± 2.8 g/l ($P < 0.05$), in the control from 42.2 ± 2.1 to 46.0 ± 1.5 g/l ($P > 0.05$). The number of piglets with low viability in the experimental group was 2 times less than in the control group. The viability of piglets in the experimental group by the time of weaning was 92.6 %, in the control – 83.2 %.

Key words: herbal extract, sows, piglets, blood biochemistry, viability

Acknowledgment: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0088).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Ivanovskiy A. A., Latushkina N. A., Timkina E. Yu. The effect of herbal phytoextract on metabolic parameters of sows and piglets. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):428-435. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.428-435>

Received: 23.02.2021

Accepted for publication: 07.06.2021

Published online: 23.06.2021

Биологически активные вещества (БАВ), содержащиеся в растениях, обладают широким спектром лечебно-профилактического действия на организм млекопитающих при отсутствии выраженных негативных эффектов. В настоящее время БАВ растительного происхождения используются в качестве основы для создания новых фармпрепаратов, биодобавок, адаптогенных средств. Технология получения БАВ из растений экономически выгодно отличается от синтетически получаемых препаратов-аналогов¹.

Исследованиями ученых определен целый ряд растений, потенциальных источников БАВ: женщень, родиола розовая, лабазник, левзея, серпуха и многие другие [1, 2, 3, 4, 5]. Большинство БАВ растений сочетают в себе антиоксидантные, иммунотропные, ранозаживающие, гемореологические, анаболические и другие свойства. В связи с этим определенный интерес представляют эндистероиды и флавоноиды. Использование данных соединений с целью повышения естественной резистентности, нормализации метаболических процессов и повышения продуктивности промышленных животных является оправданным с точки зрения экологизации технологии их ветеринарного обслуживания [6, 7, 8, 9]. Фармакодинамика БАВ растений требует более глубоких исследований на животных. Нет однозначных экспериментальных результатов о механизме влияния эндистероидов, флавоноидов и других БАВ растений на метаболические процессы, происходящие в организме млекопитающих [10, 11].

Исходя из этого, исследования, направленные на создание фармакологического средства, сочетающего в себе комплекс БАВ различных растений, представляет определенный интерес с точки зрения применения в ветеринарной медицине. Такими растениями с адаптогенными свойствами являются – левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*), серпуха венценосная (*Serratula coronata*) и лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria*). Главными БАВ продукирующими *R. carthamoides* и *S. coronata* являются фитоэндистероиды [12], а *F. Ulmaria* содержит флавоноиды, танины,

аскорбиновую и салициловую кислоты [13]. Комплекс вышеперечисленных трав экологически безопасен, является новым экспериментальным сочетанием различных растений для проведения исследований на животных.

Опытами, проведенными ранее на лабораторных и сельскохозяйственных животных, установлено отсутствие каких-либо побочных эффектов у экстракта из комплекса вышеназванных растений.

Анаболический эффект зафиксирован после введения фитоэкстракта из комплекса трав (левзея, серпуха, лабазник) лабораторным мышам. Среднесуточный прирост мышей в опытных группах превысил результат в контроле на 20,8-48,5 % [14]. Введение в рацион супоросных свиноматок фитодобавки (левзея, серпуха, лабазник) один раз в сутки в дозах: от 3 до 10 грамм на голову в течение 30 дней до ожидаемого опороса не вызвало негативных изменений со стороны исследуемых биохимических показателей крови. Средние статистические показатели физиологического статуса поросят, полученные от свиноматок опытных групп, превышали результат в контроле по количеству новорожденных, из них живых, переданных к отъему, валовому приросту. Сохранность поросят в опытной группе – 95,4 %, в контрольной – 94,6 % [15].

В результате работы, проведенной в 2019 году, установлено, что после применения Фитодобавки, содержащей экстракт из трав (левзея сафлоровидная, серпуха венценосная, лабазник вязолистный), свиноматкам за 30 дней до ожидаемого опороса наиболее оптимальный результат получен от дозы 10 грамм на голову один раз в сутки [15]. Однако, ограниченный период введения Фитодобавки в рацион свиноматок (30 суток до опороса) не позволял сделать окончательные выводы об эффективности исследуемого целевого продукта. В связи с этим необходимо было изучить эффективность Фитодобавки после введения в рацион свиноматок на протяжении всего подсосного периода, после чего оценить влияние добавки на клинико-физиологическое состояние свиноматок и поросят-сосунов.

¹Арушанян Э. Б., Бейер Э. В. Адаптогены растительного происхождения: учеб. пособие для студентов. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017. 149 с.

Цель исследований – изучить влияние фитокомплекса, содержащего экстракты трав (*R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria*), на биохимию крови подсосных свиноматок, развитие и сохранность полученных от них поросят до отъема.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Наработать экстракт биологически активных веществ комплекса растений (*R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria*) для получения целевого продукта (Фитодобавки) и определить концентрацию эндистероидов и флавоноидов.

2. Подобрать группы свиноматок после опороса, исследовать влияние Фитодобавки на биохимию крови свиноматок и провести сравнительную оценку показателей живой массы, летальности и сохранности поросят к моменту отъема от свиноматок опытной и контрольной групп.

Материал и методы. Эксперименты проводили в лаборатории ветбиотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, НПФ КХ «БИО» г. Коряжма Архангельской области, в свиноводческом хозяйстве ЗАО «Заречье» г. Киров. Хозяйство относится к промышленным комплексам по выращиванию и откорму свиней крупной белой породы, комплектуется и пополняется молодняком за счет собственных ресурсов, благополучно по инфекционным болезням.

Объект исследования: Фитодобавка, содержащая экстракт из растений *Rhaponticum carthamoides*, *Serratula coronata*, *Filipendula ulmaria*. В процессе приготовления целевого продукта травы после сушки подвергали экстракции 70 % этианолом (соотношение трава : этиanol = 1:30) в течение 14 суток. Экстракты из отдельных трав соединялись в равных объемах. Этианольный экстракт трав высушивался на цеолите при T^0 не выше 40 °C в специально оборудованном сушильном шкафу СЭШ-3М. Фитоэндистероиды определялись методом высокоэффективной обратно-фазовой жидкостной хроматографии [16], флавоноиды спектрофотометрическим методом с использованием комплексообразующей реакции с 1 % спиртовым раствором алюминия хлорида.

Оптическую плотность исследуемого раствора определяли на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 415 нм. Содержание флавоноидов рассчитывали с использованием государственного стандартного образца рутина [17].

В эксперименте использовались свиноматки породы крупная белая живой массой до $250 \pm 1,5$ кг. Свиноматки содержались в индивидуальных боксах. Микроклимат в помещении в период эксперимента: температура – $17 \pm 1,2$ °C; относительная влажность воздуха – $64,0 \pm 1,5$ %, освещенность – 60 люкс. Для проведения эксперимента животные были распределены на опытную (СПК-2 + Фитодобавка) и контрольную (только комбикорм СПК-2) группы по 10 свиноматок в группе.

Фитодобавка в сухой форме вводилась в рацион свиней (индивидуально) путем непосредственного внесения и перемешивания с кормом в течение подсосного периода (30 суток) ежедневно, однократно из расчета на голову в сутки 10 грамм. Доза подобрана на основании результатов, полученных в предыдущем эксперименте. Перед началом и по окончании опыта у свиноматок исследовалась кровь на биохимические показатели².

Содержание общего белка и альбуминов в сыворотке крови определяли рефрактометрическим методом; уровень мочевины – уреазным фенол-гипохлоритным методом; общий холестерин – с помощью набора Vital для колориметрического определения ферментативным методом; сулемовая проба – визуально-химическим методом; резервная щелочность (РЩ) – диффузным методом по И. П. Кондрахину³; Са с помощью набора Vital, колориметрическим методом с о-крезолфталеинкомплексоном; Р – с помощью набора «фосфор ПАРМА», фотометрическим методом; Mg – колориметрическим методом, использовался набор «магний-ольвекс» без депротеинизации.

У свиноматок во всех группах определялась многоплодность, качество родившихся поросят, масса гнезда и одного поросенка после рождения и перед отъемом, сохранность. Молочную продуктивность свиней определяли общепринятым методом – взвешиванием помета поросят на 21 сутки лактации свиноматки⁴.

²Кондрахин И. П., Архипов А. В., Левченко В. И., Таланов Г. А., Фролова Л. А., Новиков В. Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: Колос, 2004. 520 с.

³ Там же. С. 328.

⁴Герасимов В. И., Данилова Т. Н., Барановский Д. И., Проны Е. В., Хохлов А. М. Биологические особенности свиней. Многоплодие и молочность свиноматок. [Электронный ресурс].

URL: http://www.rusnauka.com/31_ONBG_2009/Veterinaria/54495.doc.htm (дата обращения: 10.02.2021).

Свиноматки с пометом массой 48 кг и выше относили к высокомолочным, 44-48 кг – среднемолочным, до 44 кг – низкомолочным. Поросят после рождения оценивали по количеству физиологически зрелых (с высокой жизнеспособностью) и незрелых (с низкой жизнеспособностью), а перед отъемом по приросту живой массы, летальности и сохранности. Жизнеспособность рассчитывалась по формуле: ИЖ = Т + М, где ИЖ – индекс жизнеспособности; Т – отношение среднего значения температуры тела конкретной особи к аналогичным значениям по группе; М – отношение среднего значения массы тела

конкретного животного к аналогичным значениям по группе⁵.

Математическая обработка данных проведена с использованием компьютерной программы ASD EXE Microsoft office 2000. Достоверность полученных результатов – в соответствии с t-критерием Стьюдента при Р<0,05.

Результаты и их обсуждение. После завершения химико-аналитической части работы с растениями установлена концентрация исследуемых экстрактивных веществ в Фитодобавке – 13,5 г/кг (табл. 1). Таким образом в испытуемой дозе Фитодобавки (10 г) содержалось 135 мг целевых БАВ (экдистероиды, флавоноид рутин).

Таблица 1 – Содержание экдистероидов и флавоноида рутина в Фитодобавке /
Table 1 – The content of ecdysteroids and flavonoid rutin in the Phytoadditive

Идентифицированные экдистероиды и флавоноиды / Identified ecdysteroids and flavonoids	Метод испытаний / Test method	Концентрация, г/кг / Concentration, g/kg
20-гидроксиэкдизон / 20-hydroxyecdysone	Жидкостная хроматография / Liquid chromatography	6,0
Экдизон / Ecdyson		1,4
Инокостерон / Inocosterone		3,1
Итого экдистероидов / Total sum of ecdysteroids		10,5
Флавоноид рутин / Flavonoid rutin	Спектрофотометр / Spectrophotometer	3,0
Итого БАВ / Total sum of substances		13,5

Как видно из данных таблицы 1, основным экдистероидом, содержащимся в Фитодобавке, являлся 20-гидроксиэкдизон, концентрация которого составляет до 6,0 г/кг продукта, тогда как на долю инокостерона приходится 3,1, а экдизона 1,4 г/кг. Высокая концентрация экдистероидов в Фитодобавке была достигнута за счет их большого содержания в серпухе венценосной. Содержание флавоноидов (рутин) в Фитодобавке составило 3,0 г/кг. Результаты биохимического анализа крови представлены в таблицах 2 и 3.

Достоверные (Р<0,05) изменения содержания в крови общего белка отмечены у свиней опытной (с 60,2±0,5 до 67,3±0,2 г/л) и контрольной групп (с 61,0±0,2 до 66,1±0,1 г/л), где его количество увеличилось по сравнению с началом опыта на 11,8 и 8,3 % соответственно. Содержание Са возросло (Р<0,05) на 28 % (с 2,1±0,01 до 2,7±0,02 ммоль/л) в опытной и на 25 % (2,0±0,01 до 2,5±0,02 ммоль/л) в кон-

трольной группах, находясь при этом в границах физиологической нормы. Количество альбуминов достоверно (Р<0,05) увеличилось только в опытной группе на 20,8 % (с 40,8±1,2 до 49,3±2,8 г/л), в контроле на 9 % (с 42,2±2,1 до 46,0±1,5 г/л). Альбумины выполняют в организме разнообразные функции: формируют комплексы с рядом физиологически значимых веществ (железом, цинком, стероидами, витаминами, токсичными и лекарственными веществами), обеспечивая их передвижение в организме. Помимо этого, многие биологически активные вещества и яды, входящие в эти комплексы, меняют свои свойства – их активность повышается либо, наоборот, нивелируется, что характеризует функционал альбуминов как регуляторов метаболических процессов в организме. Содержание фосфора (2,5±0,01-2,9±0,02 ммоль/л) и магния (1,2±0,02-1,3±0,01 ммоль/л) изменилось недостоверно (Р>0,05).

⁵Способ определения жизнеспособности новорожденных поросят. [Электронный ресурс]. URL: <https://findpatent.ru/patent/255/2555550.html.htm> (дата обращения: 2.02.2021).

Таблица 2 – Показатели белка и микроэлементов в крови свиноматок после применения Фитодобавки (M±m; n = 10 в группе) /

Table 2 – Indicators of protein and trace elements in the blood of sows after the use of Phytoadditives (M ± m; n = 10 in the group)

Группа / Group	Общий белок, г/л / Total protein, g/l	Ca	P	Mg	Альбумины, г/л / Albumins, g/l
		ммоль/л / mmol/l	ммоль/л / mmol/l	ммоль/л / mmol/l	
В начале опыта / At the beginning of the experiment					
Опыт / Experiment	60,2±0,5	2,1±0,01	2,5±0,01	1,2±0,02	40,8±1,2
Контроль / Control	61,0±0,2	2,0±0,01	2,4±0,04	1,1±0,01	42,2±2,1
По окончании опыта / At the end of the experiment					
Опыт / Experiment	67,3±0,2*	2,7±0,02*	2,9±0,02	1,2±0,01	49,3±2,8*
Контроль / Control	66,1±0,1*	2,5±0,02*	2,6±0,01	1,3±0,01	46,0±1,5

* P<0,05 в сравнении с началом опыта / *P <0.05 in comparison with the beginning of the experiment

Таблица 3 – Показатели крови свиноматок, характеризующие функциональное состояние печени и почек после применения Фитодобавки (M±m; n = 10 в группе) /

Table 3 – Blood parameters of sows, characterizing the functional state of liver and kidneys after the use of Phytoadditives (M ± m; n = 10 in the group)

Группа / Group	Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	РПЦ об. % CO ₂ / Alkaline reserve % CO ₂	Мочевина ммоль/л / Urea, mmol/l	Креатинин мкмоль/л / Creatinin mkmol/l	Сулемовая проба, мл / Sublimate test, ml
Опыт / Experiment	2,1±0,1	49,2±2,0	5,7±0,2	121,2±2,4	1,2±0,01
Контроль / Control	2,2±0,05	45,5±1,1	5,8±0,3	124,2±3,2	1,3±0,02
По окончании опыта /At the end of the experiment					
Опыт / Experiment	2,2±0,01	50,1±2,1	5,9±0,5	119,0±2,1	1,3±0,01
Контроль / Control	2,3±0,01	51,0±1,1	6,0±0,3	121,1±4,2	1,3±0,01

* P<0,05 в сравнении с началом опыта / *P <0,05 / Note: in comparison with the beginning of the experiment

Другие биохимические показатели крови свиней, представленные в таблице 3, достоверно не изменялись (P>0,05) во всех группах и находились в пределах физиологической нормы: холестерин – 2,1±0,1-2,3±0,01 ммоль/л; мочевина – 5,7±0,2-6,0±0,3 ммоль/л; креатинин – 119,0±2,1-124,2±3,2 мкмоль/л; сулемовая проба – 1,2±0,01-1,3±0,01 мл.

Биохимические показатели крови во всех группах, в том числе контрольной, характеризующие белковый (общий белок, альбумины), минеральный (Ca, P, Mg), жировой метаболизм (холестерин), а также функциональное состояние печени (сулемовая проба) и почек свиней (мочевина, креатинин), свидетельствовали об отсутствии у Фитодобавки каких-либо негативных свойств.

На протяжении эксперимента осуществлялось ежедневное наблюдение за клиническим состоянием животных. Клинико-физиологический статус свиней во всех группах (поведение,

прием корма и воды) находился в норме. У животных опытной группы повышался аппетит, в связи с этим увеличивалось потребление корма. Введение в рацион свиноматок Фитодобавки после опороса оказалось, на наш взгляд, опосредованное влияние на ряд клинико-физиологических показателей новорожденных поросят. Результаты отражены в таблице 4.

В период наблюдения случаев падежа поросят, полученных от свиноматок опытной группы, не отмечено. В то же время в контрольной группе 5 поросят пали в результате патологий со стороны желудочно-кишечного тракта. Число поросят к отъему в опытной группе составило 112, в контроле 109 голов (на 2,75 % выше), хотя изначально в опытной группе свиноматки принесли 121 поросенка, а в контрольной 131. Среднесуточный прирост поросят в опытной группе к отъему превышал таковой в контроле на 1,35 %. Число поросят с низкой жизнеспособностью в опытной группе

оказалось в 2 раза меньше, чем в контрольной. Сохранность поросят в опытной группе к отъему

ему превышала результат в контроле на 9,4 % и составляла 92,6 %, в контроле 83,2 %.

Таблица 4 – Развитие и сохранность поросят-сосунов, полученных от свиноматок опытной и контрольной групп /

Table 4 – Development and viability of suckling piglets obtained from sows of the experimental and control groups

<i>Показатель/ Indicator</i>	<i>Опыт / Experiment</i>	<i>Контроль / Control</i>
Количество свиноматок, гол. / Number of sows, heads	10	10
Родилось поросят всего, гол. / Total number of piglets born, heads	121	131
В том числе с низкой жизнеспособностью (масса 1 головы, кг) / Including those with low viability (weight of 1 pig, kg)	6 (0,8)	9(0,8)
Мертворожденных, гол. / Deadborn, heads	9	17
Живых, гол. / Alive, heads	112	114
Масса гнезда при рождении, кг / Nest weight at birth, kg	16 ±0,2	17±0,15
Масса гнезда в 21 день, кг / Nest weight at 21 days, kg	65±0,7	63±0,5
Молочная продуктивность свиноматок в целом по группе / Milk productivity of sows as a whole for the group	Высокая / High	Высокая / igh
Высокомолочные, гол. / High-milk, heads	10	9
Низкомолочные, гол. / Low-milk, heads	0	1
Летальность поросят к отъему (гол. / %) от числа живых / Piglet lethality by weaning (heads /%) of the number of live	- (0)	5 (5,6)
Число поросят к отъему, гол. / Number of piglets weaned, heads	112	109
В том числе с низкой жизнеспособностью, гол. (кг) / Including those with low viability, heads (kg)	2 (3,5)	4 (3,0)
Валовая живая масса поросят к отъему, кг / Gross live weight of piglets by weaning, kg	900±1,3	890±2,2
Среднесуточный прирост к отъему, г / Average daily gain by weaning, g	300±2,5	296±2,2
Сохранность поросят к отъему, % / Piglet viability by weaning, %	92,6	83,2

Примечание: Р>0,05 в сравнении с контролем / Note: P >0.05 compared with the control

Полученные результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии Фитодобавки на поросят, что подтверждается такими показателями, как валовой и среднесуточный прирост в группе, количество живых. Данные показатели у поросят во всех опытных группах превосходили аналогичные в контроле.

Заключение. Анализ Фитодобавки на наличие БАВ показал, что в продукте содержится экстракт биологически активных веществ из растений *R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria* с концентрацией 13,5 г/кг, основу которых составляют эндистероиды и флавоноиды. В результате проведенных экспериментов установлено, что введение в рацион свиноматок после опороса Фитодо-

бавки один раз в сутки в дозе 10 г/голову в течение 30 дней не вызывает негативных изменений со стороны морфологии и биохимии крови, клинического состояния. У свиноматок опытной группы молочная продуктивность оказалась на 3,4 % выше, чем в контроле. Число поросят к отъему в опытной группе превысило показатель в контроле на 2,75 %. Среднесуточный прирост поросят в опытной группе к отъему превышал таковой в контроле на 1,35 %, число поросят с низкой жизнеспособностью получили в 2 раза меньше, чем в контрольной группе. Сохранность поросят в опытной группе к отъему превышала результат в контроле на 9,4 % и составляла 92,6 %, в контроле 83,2 %.

Список литературы

1. Amsterdam J. D., Panossian A. G. Rhodiola rosea L. as a putative botanical antidepressant. *Phytomedicine*. 2016;23(7):770-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.02.009>
2. Cropley M., Banks A. P., Boyle J. The Effects of Rhodiola rosea L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms. *Phytother Res*. 2015;29(12):1934-1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>

3. Wang Z. Y., Liu J. G., Li H., Yang H. M. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. *Am. J. Chin. Med.* 2016;44(8):1525-1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>
4. Ивановский А. А., Тимофеев Н. П., Копылов С. Н., Тимкина Е. Ю. Экдистероиды. Киров: Вятская ГСХА, 2012. 45 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22427955>
5. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=34905899>
6. Gui Q. F., Xu Z. R., Xu K. Y., Yang Y. M. The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus: An Updated Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(6):258-264. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002584>
7. Slama K. Vitamin D1 versus ecdysteroids: Growth effects on cell regeneration and malignant growth in insects are similar to those in humans. *Eur. J. Entomol.*, 2019;116:16-32. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2019.003>
8. Parr M. K., Botre F., Nass A., Hengevoss J., Diel P., Wolber G. Ecdysteroids: a novel class of anabolic agents? *Biol Sport*. 2015;32(2):169-173. DOI: <https://doi.org/10.5604/20831862.1144420>
9. Parr M. K., Ambrosio G., Wuest B., Mazzarino M., Torre X., Sibilia F., Joseph J. F., Diel P., Botrè F. Targeting the Administration of Ecdysterone in Doping Control Samples. *Forensic Toxicology*, 2020;38(1):172-184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-019-00504-y>
10. Тимофеев Н. П. Исследования по экдистероидам: использование в медицине, интернет-ресурсы, источники и биологическая активность. *Биомедицинская химия*. 2004;50(S1):133-152. Режим доступа: https://leuzea.ru/sciens/53-timofeev_studies_ecdysteroids_internet-resources.pdf
11. Дармограй В. Н., Петров В. К., Ухов Ю. И. Теоретическое и клиническое обоснование концептуальной модели механизма действия фитоэкдистероидов. *Биохимия на рубеже XXI века*. Рязань, 2002. С. 489-492.
12. Латушкина Н. А., Ивановский А. А., Тимкина Е. Ю. Исследование химического состава и токсических свойств фитокомплекса, содержащего биологически активные вещества. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;(4):58-62. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/148>
13. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
14. Ивановский А. А., Латушкина Н. А., Тимкина Е. Ю. Влияние фитоэкстракта, содержащего экдистероиды и флавоноиды, на показатели метаболизма свиней и белых мышей. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):597-604. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.597-604>
15. Ивановский А. А., Латушкина Н. А. Применение экспериментальной Фитодобавки свиноматкам. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020;243(3):103-106. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-103-106>
16. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=26647074>
17. Сорокина О. Н., Сумина Е. Г., Петракова А. В., Барышева С. В. Спектрофотометрическое определение суммарного содержания флавоноидов в лекарственных препаратах растительного происхождения. *Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2013;13(3):8-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20863349>

References

1. Amsterdam J. D., Panossian A. G. Rhodiola rosea L. as a putative botanical antidepressant. *Phytomedicine*. 2016;23(7):770-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.02.009>
2. Cropley M., Banks A. P., Boyle J. The Effects of Rhodiola rosea L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms. *Phytother Res.* 2015;29(12):1934-1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>
3. Wang Z. Y., Liu J. G., Li H., Yang H. M. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. *Am. J. Chin. Med.* 2016;44(8):1525-1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>
4. Ivanovskiy A. A., Timofeev N. P., Kopylov S. N., Timkina E. Yu. *Ecdisteroidy*. [Ecdysteroids: teaching aid]. Kirov: Vyatskaya GSKhA, 2012. 45 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22427955>
5. 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 the genus *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://www.elibrary.ru/item.asp?id=34905899>
6. Gui Q. F., Xu Z. R., Xu K. Y., Yang Y. M. The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus: An Updated Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(6):258-264. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002584>
7. Slama K. Vitamin D1 versus ecdysteroids: Growth effects on cell regeneration and malignant growth in insects are similar to those in humans. *Eur. J. Entomol.*, 2019;116:16-32. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2019.003>

8. Parr M. K., Botre F., Nass A., Hengevoss J., Diel P., Wolber G. Ecdysteroids: a novel class of anabolic agents? *Biol Sport*. 2015;32(2):169-173. DOI: <https://doi.org/10.5604/20831862.1144420>
9. Parr M. K., Ambrosio G., Wuest B., Mazzarino M., Torre X., Sibilia F., Joseph J. F., Diel P., Botrè F. Targeting the Administration of Ecdysterone in Doping Control Samples. *Forensic Toxicology*, 2020;38(1):172-184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-019-00504-y>
10. Timofeev N. P. *Issledovaniya po ekdisteroidam: ispol'zovanie v meditsine, internet-resursy, istochniki i biologicheskaya aktivnost'*. [Studies on ecdysteroids: usage in medicine, internet-resources, sources, and biological activity]. *Biomeditsinskaya khimiya*. 2004;50(S1):133-152. (In Russ.). URL: https://leuzea.ru/sciens/53-timofeev_studies_ecdysteroids_internet-resources.pdf
11. Darmogray V. N., Petrov V. K., Ukhov Yu. I. *Teoreticheskoe i klinicheskoe obosnovanie kontseptual'noy modeli mekhanizma deystviya fitoekdisteroidov*. [Theoretical and clinical justification of the conceptual model of the mechanism of action of phytoecdysteroids]. *Biokhimiya na rubezhe XXI veka*. [Biochemistry at the turn of the XXI century]. Ryazan', 2002. pp. 489-492.
12. Latushkina N. A., Ivanovskiy A. A., Timkina E. Yu. *Issledovanie khimicheskogo sostava i toksicheskikh svoystv fitokompleksa, soderzhashchego biologicheski aktivnye veshchestva*. [Study of chemical composition and toxic properties of phytocomplex containing biologically active substances]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2017;(4):58-62. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/148>
13. 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 of adaptogens]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* = Vestnik of Vitebsk State Medical University. 2012;11(4):86-90. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
14. Ivanovskiy A. A., Latushkina N. A., Timkina E. Yu. *Vliyanie fitoekstrakta, soderzhashchego ekdisteroidy i flavonoidy, na pokazateli metabolizma sviney i belykh myshey*. [The effect of phytoextract containing ecdysteroids and flavonoids on the metabolic parameters of pigs and white mice]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):597-604. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.597-604>
15. Ivanovskiy A. A., Latushkina N. A. *Primenenie eksperimental'noy Fitodobavki svinomatkam*. [Application of experimental phito additives pigs]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana*. 2020;243(3):103-106. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-103-106>
16. Punegov V. V., Savinovskaya N. S. *Metod vnutrennego standarta dlya opredeleniya ekdisteroidov v rasstiel'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. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26647074>
17. Sorokina O. N., Sumina E. G., Petrakova A. V., Barysheva S. V. *Spektrofotometricheskoe opredelenie summarnogo soderzhaniya flavonoidov v lekarstvennykh preparatakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya*. [Spectrophotometric analysis of the total contents of flavonoids in medical phytopreparations]. *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya Seriya. Khimiya. Biologiya. Ekologiya* = Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology. 2013;13(3):8-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20863349>

Сведения об авторах

✉ **Ивановский Александр Александрович**, доктор вет. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией 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: <https://orcid.org/0000-0002-2984-7219>, e-mail: ivanovskii.1956@mail.ru

Латушкина Наталья Александровна, кандидат вет. наук, 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: <https://orcid.org/0000-0003-2208-5175>

Тимкина Елена Юрьевна, кандидат с.-х. наук, ученый секретарь, 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: <https://orcid.org/0000-0001-9335-5705>

Information about the authors

✉ **Alexander A. Ivanovsky**, DSc in Veterinary Science, leading researcher, Head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, 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: <https://orcid.org/0000-0002-2984-7219>, e-mail: ivanovskii.1956@mail.ru

Natalya A. Latushkina, PhD in Veterinary Science, researcher, the Laboratory of Veterinary Biotechnology, 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: <https://orcid.org/0000-0003-2208-5175>

Elena Yu. Timkina, PhD in Agricultural Science, scientific secretary, 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: <https://orcid.org/0000-0001-9335-5705>

✉ – Для контактов / Corresponding author

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ / PAGES OF HISTORY

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.436-441>

УДК 631

История и перспективы развития Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

© 2021. А. А. Юдин , В. Г. Зайнуллин

Институт агробиотехнологий имени А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация

Сельскохозяйственная наука в Республике Коми ведет отсчет с 1911 года, когда по инициативе исследователя Севера А. В. Журавского была открыта Печорская сельскохозяйственная опытная станция, первое научное учреждение такого профиля на севере России выше 65° северной широты. А. В. Журавский определил основные задачи, стоящие перед сельскохозяйственной наукой Севера: развитие земледелия (улучшение почвенного плодородия, освоение болот под сельскохозяйственные угодья), луговодства и растениеводства, включая овощеводство, цветоводство и плодоводство. Он же определил и основу сельскохозяйственного производства на Севере – животноводство. Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского в своих исследованиях в полной мере решает поставленные вопросы. В современной структуре Института три отдела: Отдел сельского хозяйства Крайнего Севера, Отдел «Печорская опытная станция» и организованный в 2019 году на базе молодежной лаборатории «Отдел сельскохозяйственной геномики». За последние 20 лет в институте создано 12 сортов многолетних трав, 7 из которых районированы. Среди новых селекционных достижений сорт серпухи венценосной Памяти Журавского с повышенным содержанием биологически активных веществ, сорта картофеля Зырянец и Вычегодский продовольственного назначения, устойчивых к засухе, возбудителю рака и золотистой нематоде, высокоустойчивых к фитофторозу. Начаты исследования по технологии производства комплексных форм нематоцидных и инсектицидных биопрепараторов в качестве средств защиты сельскохозяйственных культур от различных почвообитающих фитофагов. Благодаря усилиям сотрудников Института в тесном сотрудничестве с фермерами Арктического региона Республики Коми сохранена печорская порода овец, и получила широкое развитие селекционная работа с редкими породными группами. Институт является единственным научным учреждением сельскохозяйственного профиля в Республике Коми, осуществляющим научное обеспечение северного оленеводства.

Ключевые слова: Европейский Север России, развитие сельскохозяйственной науки, растениеводство, картофелеводство, животноводство

Благодарности: работа выполнена без финансового обеспечения.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Юдин А. А., Зайнуллин В. Г. История и перспективы развития Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):436-441
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.436-441>

Поступила: 18.05.2021 Принята к публикации: 07.06.2021 Опубликована онлайн: 23.06.2021

History and prospects of development of the Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

© 2021. Andrey A. Yudin , Vladimir G. Zainullin

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation

Agricultural science in the Komi Republic dates back to 1911, when the Pechora Agricultural Experimental Station was opened on the initiative of the Northern researcher A.V. Zhuravsky. It was the first scientific institution of such specialization in the north of Russia above 65° north latitude. Zhuravsky identified the main tasks facing the agricultural science of the North: the development of agriculture (improvement of soil fertility, development of swamps for agricultural use), meadow and crop production, including vegetable growing, floriculture and fruit growing. He also defined the basis of agricultural production in the North – animal husbandry. While carrying out the studies, A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies solves all the problems raised. The modern structure of the Institute has three departments: the Department of Agriculture of the Far North, the Department "Pechora Experimental Station" and the Department of Agricultural Genomics organized on the basis of the youth laboratory in 2019. Over the past 20 years, the Institute has produced 12 varieties of perennial grasses, seven of which have been zoned. Among new breeding achievements are Pamyati Zhuravskogo Serpukh crowned (Serratula coronata L.) variety with an increased content of biologically active substances, potato varieties Zyryanets and Vychegodsky for food purpose, resistant to drought, cancer pathogen and golden nematode, highly resistant to

late blight. Research on the technology of production of complex forms of nematocidal and insecticidal bio-preparations as a means of protecting agricultural crops from various soil-dwelling phytophages has begun. Thanks to the efforts of the Institute staff, in close cooperation with the farmers of the Arctic region of the Komi Republic, the Pechora sheep breed was preserved, and breeding work with rare native groups was widely developed. The Institute is the only agricultural research institution in the Komi Republic that provides scientific support for Northern reindeer husbandry.

Keywords: European North of Russia, development of agricultural science, crop production, potato growing, animal husbandry

Acknowledgements: the research was carried out without financial support.

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

For citation: Yudin A. A., Zainullin V. G. History and prospects of development of the Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):436-441. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.436-441>

Received: 18.05.2021

Accepted for publication: 07.06.2021

Published online: 23.06.2021

В 2021 году исполняется 110 лет организации сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России. В 1911 году распоряжением департамента России, в Усть-Цилемском уезде Архангельской области была открыта Печорская сельскохозяйственная опытная станция, первая на Севере страны выше 65° северной широты. Основателем и первым директором станции был 29-летний Андрей Владимирович Журавский.

Для освоения богатств края необходим был рост населения, а значит и развитие продовольственной базы, а развивать сельскохозяйственное производство в крае с суровыми климатическими условиями невозможно без науки. Эти мысли молодого ученого поддержали премьер-министр страны П. А. Столыпин, у которого А. В. Журавский был дважды на приеме, и царь Николай II, принявший его в 1909 году. П. А. Столыпин дал задание своему кабинету рассмотреть предложения А. В. Журавского по развитию Севера в первую очередь [1, 2].

Всего неполных четыре года А. В. Журавский проработал директором Печорской опытной станции, но успел заложить здесь основы сельскохозяйственной науки и доказать, что земледелие и растениеводство в крае не только возможно, но и перспективно для развития животноводства.

Основатель первой станции А. В. Журавский определил основные задачи, стоящие перед сельскохозяйственной наукой Севера. Это вопросы земледелия, почвенного плодородия, освоение болот под сельскохозяйственные угодья, опыты по овощеводству, цветоводству, плодоводству, влияние удобрений на ботанический состав естественных лугов; он же определил и основу сельскохозяйственного

производства на Севере – животноводство [3]. Трагическая гибель А. В. Журавского [4] и начавшаяся в то же время империалистическая война, перешедшая в гражданскую, обрекли Печорскую станцию на долгое прозябание. Законный статус она вновь обрела только в 1925 году. Возобновилась исследовательская работа по межпородному скрещиванию печорского крупного рогатого скота с холмогорской породой, местной печорской грубошерстной короткохвостой овцы с английскими мериносами ромни-марш. На полях станции велась работа по акклиматизации пшеницы, овса, гороха, картофеля разных сортов, белокочанной капусты, редьки и репы. Из технических культур – льна и конопли, из ягодников – черной смородины, земляники и малины. В закрытом грунте выращивались огурцы и томаты.

В 1923 году в селе Ижма Республики Коми был образован ветеринарно-бактериологический институт. В 1935 году институт реорганизован в Ижмо-Печорскую научно-исследовательскую станцию по изучению болезней оленей (филиал Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии). В 2003 году станция была реорганизована в Печорский филиал Научно-исследовательского и проектно-технологического института агропромышленного комплекса Республики Коми (НИПТИ АПК Республики Коми).

Дело Печорской опытной станции продолжила Государственная сельскохозяйственная опытная станция Коми АССР, созданная в 1957 г. в Сыктывкаре. В 1979 г. этой станции было присвоено имя А. В. Журавского [5].

В конце марта на базе Государственной сельскохозяйственной опытной станции Коми АССР им. А. В. Журавского был создан

НИПТИ АПК Коми АССР. В 2007 г. переименован в Государственное научное учреждение «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт агропромышленного комплекса Республики Коми» Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ «НИПТИ АПК РК Россельхозакадемии») [6]. В 2010 г. переименован в Государственное научное учреждение Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Республики Коми Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ НИИСХ АПК Республики Коми Россельхозакадемии).

С весны 2018 года Институт сельского хозяйства вошел в состав Федерального исследовательского центра Коми НЦ УрО РАН. В 2019 г. Институт сельского хозяйства Коми НЦ УрО РАН был переименован в Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского, к нему были присоединены Выльгортская научно-экспериментальная биологическая станция, а также Печорская опытная станция им. А. В. Журавского.

Институт является комплексным научным учреждением, изучающим практически все вопросы сельскохозяйственного производства на Севере. За последние годы в институте создано 12 новых сортов многолетних трав, 7 из которых районированы. Предлагаемые сорта низовых трав овсяницы красной Тентюковская, овсяницы луговой Цилемская, мятыника лугового Дырносский созданы на основе местных дикорастущих популяций, характеризуются высокой зимостойкостью, дружным весенним отрастанием, устойчивостью к стрессовым условиям Севера, высокими средообразующими функциями. Эти сорта являются лучшими рекультивантами для восстановления растительного покрова техногенных почв в Заполярье. Включены в реестр селекционных достижений сорта многолетних трав: кострец безостый Белоборский и Надежный с урожайностью сена 7-8 т/га и семян 1,5-2,0 ц/га, райграс пастбищный Выль, клевер луговой Орфей (совместно с Зональным НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого), овсяница красная Мила с урожайностью сена 4-5 т/га, семян 2-3 ц/га, тимофеевка луговая Северная, обладающая высокой экологической пластичностью, отзывчивостью на внесение органических и минеральных удобрений. Все злаковые сорта рекомендованы для

создания высокопродуктивных агроценозов в качестве главного компонента с бобовыми.

Создан сорт серпухи венценосной Памяти Журавского, содержащий повышенное количество биологически активных веществ. Растения данного сорта используются как растительное сырьё в пищевой промышленности при производстве БАД, а также на кормовые цели. Новый сорт двукисточника тростникового Ласта с урожайностью сухой массы 8,2 т/га и семян – 1,3 ц/га рекомендуется возделывать на кормовые цели на дерново-подзолистых почвах и осушенных торфяниках, использовать в системе зеленого конвейера в сельхозпредприятиях. С 2016 года проводится исследовательская работа над созданием нового сорта ежи сборной. Выявлены перспективные сорта озимой ржи. Потребность в семенах многолетних трав ежегодно составляет 200-250 тонн (в 1989-1990 гг. в республике выращивали 330-370 тонн собственных семян многолетних трав). Потребность в семенах картофеля составляет в настоящее время 50-80 тонн (в 80-90 годы его производство доходило до 500-600 тонн).

С 2000-х годов начата селекционная работа по созданию новых сортов картофеля, адаптированных к условиям произрастания на Крайнем Севере, способных формировать полноценный урожай в условиях длинного светового дня, короткого вегетационного периода роста клубней. Создано два новых сорта картофеля Зырянец и Вычегодский продовольственного назначения с урожайностью до 40 т/га, устойчивых к засухе, возбудителю рака и золотистой нематоде, высокоустойчивых к фитофторозу и абиотическим стрессам в условиях Республики Коми. Получены первые результаты оценки генотипов сортов картофеля из коллекционного питомника Института по маркерам устойчивости к различным фитопатогенам. Привлечение современных методов геномной селекции позволит ускорить получение новых сортов картофеля, устойчивых к условиям Крайнего Севера.

Получены новые данные о возможности и эффективности замены минерального азота на лугах биологическим (подсевом бобовых трав), влияний такой замены на экологию и ботанический состав травостоя. Подсев клевера и внесение по 30 кг фосфорно-калийных удобрений обеспечило повышение

урожайности на 123 %, обменной энергии на 100 %. Впервые в условиях Республики Коми разработана улучшенная технология применения биопрепарата Вэрва и микроэлементов (бор, цинк, молибден) для повышения продуктивности лугов и сохранения их экологии. Применение биопрепарата эквивалентно внесению NPK в дозе по 20 кг действующего вещества, в отдельные годы урожайность повышалась на 65-70 %.

Для создания устойчивой кормовой базы проводятся исследования по разработке бесперебойного зеленого и сырьевого конвейера с использованием многолетних бобовых трав с различными сроками укосной спелости (раннеспелые, среднеспелые, позднеспелые) в одновидовых и смешанных агрофитоценозах, обеспечивающего получение сухой массы 4-6 т/га с содержанием сырого протеина 12-14 % и увеличение срока заготовки кормов более 20 дней.

Изучено длительное (30 лет) последействие различных доз извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, продуктивность и качество сельскохозяйственных культур. Установлена эффективность однократного известкования в дозах 1,0-2,5 г.к. и ежегодного внесения минеральных удобрений: кислотность почвы поддерживается на оптимальном для культур уровне, повышается содержание элементов питания (фосфор и калий) и гумуса в почве. Показана эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений на кислотность, содержание элементов питания и гумуса в почве. Данный прием обеспечивает повышение урожайности сухой массы на 85,2 % с выходом обменной энергии 66,1 ГДж/га.

Плодово-ягодный питомник Института стал основной базой развития дачного садоводства в Республике Коми. Разработаны: агротехника выращивания смородины черной и красной, малины, земляники садовой, крыжовника, жимолости; испытаны сотни сортов этих культур и лучшие из них рекомендованы и широко используются садоводами. Весьма актуальна работа по изучению методов ускоренного размножения ягодных культур способом зеленого черенкования с использованием различных биологически активных веществ (БАВ). Технология выращивания саженцев крыжовника, жимолости и смородины обеспе-

чивала увеличение выхода стандартных саженцев на 10-15 %.

Сотрудниками Института рекомендована улучшенная технология предпосевной обработки больших партий семян трав и овощей дражированием однокомпонентным составом – ЭГ-торфом. Применение этого препарата для обработки семян и посевов повышает урожайность моркови, содержание в корнеплодах сухого вещества, сахаров и каротина, снижает содержание нитратов.

Немаловажное значение заслуживают исследования, посвященные вопросам управления инновационным развитием аграрного сектора России в региональном аспекте. По результатам проведенных исследований было дано определение сущности и основных признаков инновационного развития отрасли, приведена характеристика инновационных процессов в отраслях АПК, проведен анализ различий условий развития инновационной системы аграрного сектора региона, исследован ресурсное обеспечение инновационного развития отрасли, обоснован организационно-институциональный механизм инновационного развития аграрного сектора, разработана концепция развития информационно-консультационного обеспечения инновационной деятельности аграрного сектора, разработана методология определения эффективности и уровня инновационности в Республике Коми, разработаны направления государственной политики поддержки и стимулирования инновационной деятельности аграрного сектора региона, разработан механизм управления инновационным развитием аграрного сектора региона, обоснован организационно-экономический механизм повышения инновационности аграрного производства.

В области животноводства установлена возможность акклиматизации айрширского скота на севере, в том числе и за полярным кругом; изучена эффективность скрещивания холмогорской и голштинской пород; разработаны, апробированы и внедрены биоинформационные технологии в селекции крупного рогатого скота; изучен генетический полиморфизм белков и групп крови крупного рогатого скота; внедрена генетическая экспертиза происхождения животных; разработаны рекомендации по оптимизации использования и сохранения генофонда холмогорского скота. Впервые разработана, практически обоснована

и предложена к использованию в производстве малокомпонентная балансирующая минеральная добавка, адаптированная к условиям кормления дойных коров в хозяйствах Республики Коми и разведения овец печорской породной группы.

Институт агробиотехнологий является единственным научным учреждением сельскохозяйственного профиля в Республике Коми, которое работает с северными оленями. Печорским отделом института совместно с ВНИИВВиМ разработан метод и средства терапии энтамозов, сибирской язвы, некробактериоза и ряда гельминтозов северных оленей, обеспечивающий повышение доходов хозяйств на 25-30 %.

В настоящее время в силу множества причин в Республике Коми наблюдается значительный спад в научном обеспечении агропромышленного комплекса. Сократилось поголовье скота печорского типа, практически потеряна печорская породная группа овец, развалены системы семеноводства многолетних трав и картофеля, снизился объем финансирования научных учреждений как из бюджета Российской Федерации, так и Республики Коми, аграрная наука стала невостребованной на сельхозпредприятиях.

110 лет тому назад А. В. Журавский определил: «... опытное дело... должно быть организовано тогда, когда назревают, а отнюдь не тогда, когда уже назрели запросы жизни» [3].

Сегодня перед институтом стоят две основные задачи: во-первых, работать на перспективу, во-вторых, работать для обеспечения нужд сельхозтоваропроизводителей.

Текущая ситуация заставляет нас обращать все большее внимание на восстановление

своих селекционных центров. Институт стал инициатором создания и развития селекционно-семеноводческого центра в области сельского хозяйства для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок. Особое внимание будет уделено развитию технологий производства семенного материала картофеля, адаптированного к агроклиматическим условиям Крайнего Севера.

Крайне важны для нас исследования генетического потенциала местных популяций сельскохозяйственных животных, адаптированных к условиям Арктики и Крайнего Севера. Современная технологическая революция в производстве продуктов животноводства обострила межпородную конкуренцию и привела к повсеместному вытеснению местного скота узкоспециализированными коммерческими породами промышленного типа. К сожалению, в новых районах разведения при недостаточной оптимизации условий кормления и содержания их низкая устойчивость к некоторым природно-очаговым эпизоотиям и экологическим стрессам является препятствием для эффективного использования зональных природных ресурсов, производства экологически чистых продуктов питания, соответствующих медицинским требованиям и диетическим запросам населения. Поэтому актуальность работ по инвентаризации и сохранению аборигенных генофондов, выявлению в синтетических популяциях адаптивных генных ассоциаций. Технически такие работы выполнимы с помощью популяционного анализа экспериментальных данных по маркерам первого и второго типа, накопленным многими лабораториями мира.

Список литературы

1. Канев В. Ф. Печорская сельскохозяйственная опытная станция (1911-1957). Сыктывкар, 1999. 46 с.
2. Сельскохозяйственной науке Республики Коми 100 лет (1911-2011 гг.). Сыктывкар, 2011. С. 5-11.
3. Журавский А. В. Избранные работы по вопросам сельскохозяйственного освоения Печорского Севера. Сыктывкар, 2007. 108 с.
4. Андрей Владимирович Журавский (Некролог съ его портретом). Петрозаводск: Олонейская Губернская Типография, 1914. 16 с.
5. Первое на Севере научное сельскохозяйственное учреждение (35 лет). Сыктывкар, 1992. 20 с.
6. 50 лет Научно-исследовательский и проектно-технологический институт агропромышленного комплекса Республики Коми (1957-2007 гг.). Сыктывкар, 2007. 136 с.

References

1. Kanev V. F. *Pechorskaya sel'skokhozyaystvennaya optytnaya stantsiya (1911-1957)*. [Pechora Agricultural Experimental Station (1911-1957)]. Syktyvkar, 1999. 46 p.
2. *Sel'skokhozyaystvennoy nauke Respubliki Komi 100 let (1911-2011 gg.)*. [Agricultural science of the Komi Republic is 100 years old (1911-2011)]. Syktyvkar, 2011. pp. 5-11.

3. Zhuravskiy A. V. *Izbrannye raboty po voprosam sel'skokhozyaystvennogo osvoeniya Pechorskogo Severa*. [Selected works on the agricultural development of the Pechora North]. Syktyvkar, 2007. 108 p.
4. Andrey Vladimirovich Zhuravskiy (Nekrolog "s" ego portretom"). [Andrey Vladimirovich Zhuravsky (Obituary with his portrait)]. Petrozavodsk: *Oloneykaya Gubernskaya Tipografiya*, 1914. 16 p.
5. Pervoe na Severe nauchnoe sel'skokhozyaystvennoe uchrezhdenie (35 let). [The first scientific agricultural institution in the North (35 years old)]. Syktyvkar, 1992. 20 p.
6. 50 let Nauchno-issledovatel'skiy i proektno-tehnologicheskiy institut agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Komi (1957-2007 gg.). [The Research and Design-Technological Institute of the Agro-Industrial Complex of the Komi Republic is 50 years old (1957-2007)]. Syktyvkar, 2007. 136 p.

Сведения об авторах

✉ **Юдин Андрей Алексеевич**, кандидат экон. наук, директор, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipiti38@mail.ru,
ORCID: [http://orcid.org/0000-0003-3368-7497](https://orcid.org/0000-0003-3368-7497)

Зайнуллин Владимир Габдулович, доктор биол. наук, профессор, зам. директора по научной работе, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipiti38@mail.ru, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3343-9012>**

Information about the authors

✉ **Andrey A. Yudin**, PhD in Economics, Director, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipiti38@mail.ru, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3368-7497>**

Vladimir G. Zainullin, DSc in Biology, professor, Deputy Director for Research, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipiti38@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3343-9012>

✉ – Для контактов / Corresponding author

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

5 июня 2021 г. ушел из жизни

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ БАРАНОВ

**доктор биологических наук, академик РАЕН, видный ученый России
в области генетики и селекции сельскохозяйственных животных,
один из авторов нового типа скота костромской породы, член
редакционной коллегии журнала «Аграрная наука Евро-Северо-Востока»**



Александр Васильевич Баранов родился 22 августа 1953 г. в селе Малое-Токарево Солигаличского района Костромской области.

Свою трудовую деятельность, после окончания Костромского сельскохозяйственного института в 1976 году, Александр Васильевич начал зоотехником-селекционером, а затем главным зоотехником птице-совхоза «Гусевский», с 1979 по 1998 гг. – ассистент, заведующий проблемной лабораторией, руководитель селекционного племенного центра Костромского сельскохозяйственного института.

На протяжении 16 лет Александр Васильевич возглавлял ФГБНУ «Костромской НИИСХ», который являлся комплексным научным учреждением и своей деятельностью охватывал широкий спектр сельскохозяйственного производства. За разработку

и внедрение новых методов в селекционной племенной работе институт под руководством А. В. Баранова был отмечен специальным дипломом Северо-Восточного регионального научного центра Россельхозакадемии.

А. В. Баранов курировал научные исследования в области лосеводства. Под его редакцией впервые в России и мире было подготовлено и напечатано учебное пособие по лосеводству, усовершенствована технология ведения лосеводства.

За годы научной деятельности А. В. Барановым опубликовано более 270 научных работ, в том числе шесть книг, методические рекомендации и брошюры по вопросам молочного животноводства.

Александр Васильевич – лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники за работу «Генетический мониторинг в селекции сельскохозяйственных животных», Почетный работник АПК России.

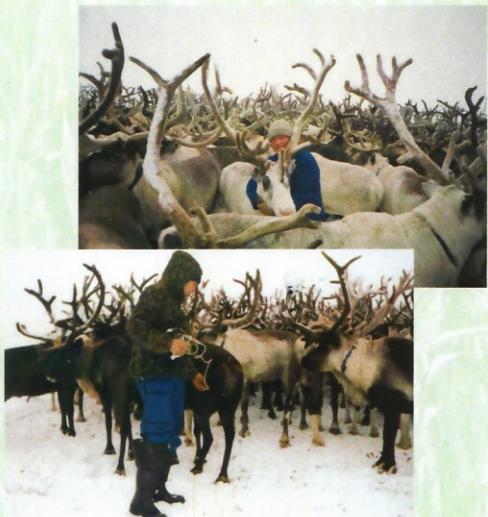
За многолетний добросовестный труд Александр Васильевич был награжден медалью Министерства сельского хозяйства РФ «Племенная служба России 30 лет», серебряной медалью им. Н. И. Вавилова «За достижения в биологии и сельском хозяйстве», утвержденной Российской академией естественных наук.

Боевой офицер, участник Афганской войны, войсковой казачий атаман, прекрасный семьянин, оптимист с высоким чувством юмора, замечательный друг и товарищ и этим он заслужил большой авторитет у коллег, директоров институтов научного центра, их заместителей, сотрудников-ученых института.

**Коллектив ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока выражает
глубокое соболезнование родным и близким Александра Васильевича Баранова.
Светлая память о неординарной личности, авторитетном ученом и руководителе
навсегда сохранится в наших сердцах.**

К 110-летию организации сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России

Ветеринарное обеспечение северного оленеводства с 1935 года связывают с деятельностью
Ижмо-Печорской научно-исследовательской станции
(ныне отдел «Печорская опытная станция»)



Специалисты долгие месяцы находятся в тундре, кочуя вместе с оленевыми стадами, проводят необходимые анализы, вакцинацию, иммунизацию, уточнение падежных мест. Ежегодно обрабатывают более 24 тыс. голов оленей.



Казановский Евгений Степанович (слева), д.в.н., лауреат премии Правительства Республики Коми за достижение в области внедрения инноваций, Почётный работник сельского хозяйства Республики Коми, Почётный гражданин г. Печоры

Под руководством д.в.н. Е. С. Казановского с сотрудниками К. А. Клебенсоном и В. П. Карабановым проводятся исследования по разработке, испытанию и внедрению новых технологий борьбы против доминирующих инфекций и паразитозов (сибирская язва, эдемогенез, некробактериоз, ряд гельминтозов) северных оленей.

Например, на основе совмещения лечебно-профилактических препаратов в одном объёме и единовременной обработки северных оленей достигается их 100%-ный иммунитет против сибирской язвы и 100%-ая ларвоцидная эффективность против эдемагеноза. Обработки способствуют повышению упитанности оленей, получению высококачественного кожевенного сырья и сохранности поголовья.

Коллектив ученых стал победителем конкурса научного проекта по оценке состояния здоровья северных оленей и формированию в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа промежуточных генеалогических групп с высокими хозяйственными качествами.

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

В 1990 г. сельскохозяйственная опытная станция имени А. В. Журавского перешла в статус научно-исследовательского института сельского хозяйства. Спустя 30-летие научному учреждению вновь присвоено имя А. В. Журавского.



В настоящее время Институт агробиотехнологий имени А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН является центром сосредоточения фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в сфере агропромышленного комплекса Республики Коми. Свыше 48 % его научного потенциала составляют доктора и кандидаты наук.



За 2016-2020 гг. получено 14 патентов на изобретения, по патенту на полезную модель и селекционное достижение. Издано 26 рекомендаций, 21 книга (монографии и сборники конференций), 6 учебных пособий, опубликовано 336 научных статей.

К 110-летию организации сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН – достижения и приоритеты развития



А. А. Юдин, директор института – лауреат Международной выставки-ярмарки научных изданий «ВДНХ 2020» и золотой медали за достижения в области производства качественной научной продукции «Европейское качество» (2021)

В 2021 году научная и инновационная деятельность института получила высокие оценки конкурсного жюри Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2021». За развитие сельского хозяйства Институт был удостоен Кубка «За лучшее изобретение в интересах сельского хозяйства».

Работа по созданию новых сортов картофеля, адаптированных к условиям Севера (руководитель П. И. Конкин), удостоена Премии Правительства Республики Коми за достижения в области внедрения инноваций, золотой медали XIII Международного биотехнологического Форума-Выставки «РосБиоТех-2019», серебряных медалей XXI Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2018» и Международной выставки изобретений ISIF2019 (Стамбул).

За способ повышения продуктивности природных кормовых угодий (авторы С. В. Коковкина, Т. В. Тарабукина, А. Ю. Лобанов) получены серебряная медаль и диплом XXIII Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2020».

За выведение новых сортов серпухи венценосной и разработку кормовых добавок на их основе (авторы Я. А. Жариков и Т. В. Косолапова) вручена золотая медаль XII Международного биотехнологического Форума-Выставки «РосБиоТех-2018».



Заключение договора между институтом и SeGwang Resources Co., Ltd. (Республика Корея) по реализации проекта микроклонального размножения местных и адаптированных сортов картофеля



Экспозиция института на Выставке достижений и возможностей отраслей народного хозяйства Республики Коми «Достояние Севера»

