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

АГРАРНАЯ НАУКА ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

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

Том 20
№ 2
2019

Vol. 20
no. 2
2019

АГРАРНАЯ НАУКА ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka

Научный журнал основан в 2000 г. **Том 20, № 2, 2019**

Выходит 6 раз в год **16+**

Префикс DOI 10.30766

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

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

Свидетельство
ПИ №ФС77-72290
от 01.02.2018 г.

Цель журнала – публикация и распространение результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского и охотничьего 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, Зоотехния, Ветеринарная медицина, Звероводство, охотоведение, Механизация, электрификация, автоматизация, Экономика)
- ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- РЕЦЕНЗИИ
- ХРОНИКА

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License

(cc) BY

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

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

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

Редакционный совет

Андреев Николай Руфеевич	д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопродуктов, г. Москва, Россия
Багиров Вугар Алиевич	д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, г. Москва, Россия
Баранов Александр Васильевич	д.б.н., профессор, г. Кострома, Россия
Баталова Галина Аркадьевна	д.с.-х.н., профессор, академик РАН, зам. директора по селекционной работе, зав. отделом овса ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия
Гурьянов Александр Михайлович	д.с.-х.н., профессор, директор Мордовского НИИСХ - филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия
Дёгтева Светлана Владимировна	д.б.н., врио директора Института биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия
Джавадов Эдуард Джавадович	д.в.н., заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры эпизоотологии им. В.П.Урбана Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия
Еремин Сергей Петрович	д.в.н., профессор, заведующий кафедрой «Частная зоотехния, разведение с.-х. животных и акушерство» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия
Иванов Дмитрий Анатольевич	д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, г. Тверь, Россия
Казакевич Пётр Петрович	д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь
Костяев Александр Иванович	д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия
Косолапов Владимир Михайлович	д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса
Куликов Иван Михайлович	д.э.н., профессор, академик РАН, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия
Леднев Андрей Викторович	д.с.-х.н., доцент, руководитель, главный научный сотрудник Удмуртского НИИСХ - структурного подразделения Удмуртского ФИЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия
Li Yu	профессор, научный руководитель Цзилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай
Мохнаткин Виктор Германович	д.т.н., профессор, и.о. ректора Вятской государственной сельскохозяйственной академии, заслуженный изобретатель Российской Федерации, г. Киров, Россия

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

Журнал включен в базы данных РИНЦ, AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) на ведущей мировой платформе Web of Science

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Сведения о журнале публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".

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 19.04. 2019 г.
Дата выхода в свет 16.05.2019 г.
Формат 60x84$^{1/8}$.
Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 11,86.
Тираж 100 экз. Заказ 14.
Цена свободная

Отпечатано с оригинал-макета Типография ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

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

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

Kaisa Poutanen — профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии, г. Эспоо, Финляндия

Wazlaw Romaniuk — д.т.н., профессор, Технолого-природоведческий институт, г. Варшава, Польша

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия

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

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

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

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

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

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

Костенко Ольга Владимировна — к.э.н., доцент, руководитель Управления экономики и финансов Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

Рябова Ольга Вениаминовна — к.б.н., доцент кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии, г. Пермь, Россия

Устюжанин Игорь Александрович — к.с.-х.н., зам. директора по научной работе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Фигурин Валентин Алексеевич — д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. отделом кормопроизводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

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

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

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST, 2019; 20(2)

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka

Peer-reviewed scientific journal was established in 2000 **16+**

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

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

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

Certificate
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

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

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

Headings

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

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

(cc) BY

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

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

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

Editorial counsil

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

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

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

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

Information on the journal is published in the International reference system on periodic and serial publications «Ulrich's Periodicals Directory».

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

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

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

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

www. agronauka-sv.ru

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

Technical edition, layout
Irina V. Kodochigova

Cover layout
Natalia N. Soboleva

Signed for printing 19.04.2019.
Date of exit to light 16.05.2019.
Format 60x84$^{1/8}$. Offset paper.
Cond. pecs. l. 11.86.
Circulation 100 copies. Order14.
Price available.

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

Viktor G. Mokhnatkin Dr. Sci. Tech., the professor, the acting rector of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia

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

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

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

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

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

Aleksandr G. Samodelkin Dr. Sci. Biol., the professor, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

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

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

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

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

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

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

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

Olga V. Kostenko Cand. Sci. in Economics, the senior lecturer, the head of the Department of Economics and Finance of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia

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

Igor A. Ustjuzhanin Cand. Agric. Sci., the deputy director on scientific work of FARC North-East, Kirov, Russia

Valentin A. Figurin Dr. Agric. Sci., the head of Department of fodder production of the FARC North-East, Kirov, Russia

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ

П.С. Остапчук, Д.В. Зубоченко, Т.А. Куевда
Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве…… 103

РАСТЕНИЕВОДСТВО

О.А. Жуйкова, Г.А. Баталова
Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области…….. 118

Л.М. Ерошенко, М.М. Ромахин, А.Н. Ерошенко, О.В. Левакова, Н.А. Ерошенко, И.А. Дедушев, В.В. Ромахина
Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя…….. 126

Л.М. Щеклеина
Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области……. 134

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

А.А. Артемьев, А.М. Гурьянов
Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения минеральных удобрений…… 144

ЗООТЕХНИЯ

А.А. Суворов, Д.Ш. Гайирбегов, А.С. Федин, А.М. Гурьянов
«Энергосил» в рационах ремонтного молодняка свиней……..... 153

ОХОТОВЕДЕНИЕ

И.А. Гребнев, М.Н. Андреев
Особенности и принципы производственного охотничьего контроля……. 163

МЕХАНИЗАЦИЯ

С.Л. Дёмшин, Д.А. Черемисинов, В.П. Остальцев, В.В. Ильичёв
Результаты исследования базовой модели многофункционального почвообрабатывающего агрегата…… 172

Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский, В.А. Куклин
Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стерневого культиватора…….. 183

Ю.А. Цой, Р.А. Баишева
Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы……. 192

ЮБИЛЕИ

Юлушеву Иреку Галеевичу – 85!..... 200

CONTENTS

REVIEWS

Pavel S. Ostapchuk, Denis V. Zubochenko, Tatyana A. Kuevda
The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming…….. 103

PLANT GROWING

Oksana A. Zhuikova, Galina A.Batalova
Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region…… 118

Lyubov M. Eroshenko, Maksim M. Romakhin, Anatoly N. Eroshenko, Olga V. Levakova, Nikolai A. Eroshenko, Ivan A. Dedushev, Victoria V. Romakhina
The assessment of grain quality indicators in spring barley cultivars and lines…….. 126

Lucia M. Shchekleina
Influence of weather factors on separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul development and level of ergot harmfulness in Kirov region……. 134

AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, AMELIORATION

Andrey A. Artemjev, Aleksandr M. Guryanov
Changes in agrochemical parameters of leached chernozem under the influence of differentiated use of minerals……. 144

ZOOTECHNY

Aleksandr A. Suvorov, Dzhunaydi Sh. Gayirbegov, Aleksandr S. Fedin, Aleksandr M. Guryanov
Energosil in the diets of young pigs…….. 153

GAME MANAGEMENT

Ivan A. Grebnev, Mikhail N. Andreev
Features and principles of production hunting control…… 163

MECHANIZATION

Sergey L. Demshin, Dmitriy A. Cheremisinov, Vladimir P. Ostal'tsev, Valeriy V. Ilyichev
Results of the research of the basic model of multifunctional tillage unit…… 172

Leonid F. Babitsky, Ivan V. Sobolevsky, Vladimir A. Kuklin
Theoretical background for the bionic substantiation of parameters of the stubble cultivator working bodies……. 183

Yuri A. Tsoy, Ravza A. Baisheva
Technological aspects of smart dairy farm development…….. 192

JUBILEE

Irek G. Yulushev is 85 years old!..... 200

ОБЗОРЫ/REVIEWS

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117
УДК 636.52/.58.085:591.044

(cc) BY

Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор)

© 2019. П.С. Остапчук, Д.В. Зубоченко, Т.А. Куевда
ФГБУН "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация

В обзорной статье изложена роль антиоксидантов и их использование в качестве добавок в корм для различных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Установлено, что защита, которую активируют поступающие антиоксиданты, основана на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток путем очистки промежуточных радикалов витаминами, глутатионами, мочевой кислотой, билирубином, убихинолом и т. д.; восстанавливаются и удаляются поврежденные молекулы и активизируется синтез новых молекул. Кормовые добавки природного происхождения характеризуются высоким содержанием антиоксидантов и применение их в животноводстве и птицеводстве позволяет повысить эффективность выращивания животных и птицы. В обзоре приводятся факты наличия в растениях источников природных антиоксидантов, в основе которых фенольные соединения и флаваноиды играют жизненно важную роль в предотвращении заболеваний, связанных как с окислительным стрессом, при котором образуются свободные радикалы, так и в качестве ингибиторов патогенной микрофлоры. В ходе окисления продуктов животноводства происходят органолептические изменения, влияющие на сроки хранения. Степень окисления продуктов животноводства может быть ограничена наличием антиоксидантов. Синтетические антиоксиданты, несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления в продуктах, запрещены во многих странах. Природная альтернатива традиционным синтетическим антиоксидантам с целью применения их в качестве консервантов продуктов животноводства становится более предпочтительна, поскольку до сих пор практически не доказан наносимый вред потребителю от действия природных антиоксидантов в сравнении с синтетическими: природные антиоксиданты достаточно эффективно замедляют окисление липидов.

Ключевые слова: *антиоксидантная защита, природные антиоксиданты, синтетические антиоксиданты, сельскохозяйственные животные, птица*

Для цитирования: Остапчук П.С., Зубоченко Д.В., Куевда Т.А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):103-117. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания (АААА-А16-116022610122-2)

The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming (review)

© 2019. Pavel S. Ostapchuk, Denis V. Zubochenko, Tat'yana A. Kuevda
Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Agriculture of Crimea», Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

The article reviews the role of antioxidants and their use as additives in feed for various types of farm animals and poultry. Incoming antioxidants activate protection. This protection is based on preventing the leakage of free electrons in mitochondria by cleaning intermediate radicals with vitamins, glutathiones, uric acid, bilirubin, ubiquinone, etc. Damaged molecules are restored and removed and the synthesis of new molecules is activated. Feed additives of natural origin are characterized by a high content of antioxidants. The use of these additives can improve the efficiency of animal and poultry farming. Facts about the presence of natural antioxidants in plants are outlined in the review. Phenolic compounds and flavonoids forming the basis of natural antioxidants play a vital role in preventing diseases associated with both oxidative stress, which produces free radicals, and as inhibitors of pathogenic microflora. Organoleptic changes affecting the period of storing occur during the oxidation of livestock products during storage. The presence of antioxidants limits the degree of oxidation of livestock products. Synthetic antioxidants are forbidden in many countries although they are effective in inhibiting oxidation in food. A natural alternative to traditional synthetic antioxidants for the purpose of using them as preservatives for livestock products is becoming more preferable, since until now the harm for the consumer from the action of natural antioxidants in comparison with synthetic ones has not been proved: natural antioxidants effectively slow down lipid oxidation.

Key words: *antioxidant protection, natural antioxidants, synthetic antioxidants, farm animals, poultry*

For citation: Ostapchuk P.S., Zubochenko D.V., Kuevda T.A. The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):103-117. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117.

Антиоксиданты используются в качестве добавок в корм для различных видов сельскохозяйственных животных и птицы. Кормовые антиоксиданты набирают популярность из-за глобального увеличения стоимости корма, а также помогают улучшить резистентность животных к болезням. Мировой рынок кормовых антиоксидантов растет устойчивыми темпами и, по прогнозам, рынок продолжит расти в будущем, так как производители стремятся минимизировать потери кормовых ресурсов как наиболее затратных. Антиоксиданты достаточно эффективны в снижении стоимости корма. Таким образом, движущим фактором возросшего рынка антиоксидантов кормов является глобальное увеличение стоимости кормов. В связи с чем, ведущие мировые производители сосредотачиваются на новых научно-исследовательских разработках получения и использования антиоксидантов в животноводстве и птицеводстве. Растущий спрос на натуральные кормовые антиоксиданты ориентирует ученых на поиск источников высокоэффективных витальных соединений и путей их применения в кормлении животных и птицы, а также в период хранения продуктов животного происхождения.

Целью настоящего обзора является анализ литературных источников, в которых описано действие антиоксидантной защиты, влияние антиоксидантов на рост, развитие и формирование продуктивных особенностей сельскохозяйственных животных и птицы, воздействие антиоксидантов на продукты животноводства и птицеводства.

Действие антиоксидантной защиты в организме животных и птицы. В связи с интенсивным развитием птицеводства, которое характеризуется увеличением продуктивности птицы, возрастает восприимчивость организма птицы к негативным факторам внешней среды. На организм птицы воздействует огромное количество факторов, которые зачастую являются стрессорами [1, 2]. Предложена альтернативная классификация основных стрессов, которые встречаются в птицеводстве [3]: средовые стрессы (отклонение от оптимальной температуры, нарушение вентиляции, продолжительное хранение яиц перед инкубацией, транспортировка яиц на большие расстояния, отклонения в режиме инкубации), кормовые стрессы (микотоксины, окисленные жиры, дисбаланс витаминов, минералов и незаменимых аминокислот, низкое качество воды) и внутренние стрессы (незаразные и вирусные заболевания, вакцинации, дисбактериоз кишечника и энтериты, асциты, наклев и вывод молодняка).

В период стресса уровень употребления корма снижается, в связи с чем алиментарные вещества, ответственные за борьбу со стрессом, не всегда являются эффективным методом борьбы со свободными радикалами. Свободные радикалы – это активированные молекулы кислорода, которые способны наносить повреждения всем типам биологических молекул. В естественных условиях в каждой клетке ежедневно образуется около 200 миллиардов свободных радикалов. В стрессовых ситуациях свободные радикалы образуются еще быстрее, и антиоксидантная система просто не в состоянии нейтрализовать всех молекул-убийц. [4]. В результате повреждаются мембраны клеток, нарушается метаболизм, что, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности птицы и ее воспроизводительных качеств. На первый взгляд, наиболее простой и действенный способ защиты от стрессов – предупреждение их появления, то есть превентивное действие. К сожалению, современные кроссы птицы чрезвычайно чувствительны к условиям внешней среды, и в связи с этим избежать пагубного влияния стрессов весьма сложно, практически невозможно; поэтому базовым элементом в системе защиты организма птицы от стрессов является использование резерва защитных свойств организма, формирование которого возможно при наличии полноценного сбалансированного питания птицы. Решение данной проблемы возможно несколькими путями: дополнительное введение антистрессового премикса с водой и применение сбалансированных, высококачественных премиксов [5].

В борьбе со стресс-факторами антиоксидантный механизм защиты организма включает в себя следующие составляющие: антиоксиданты, которые попадают в организм с кормом (экзогенные витальные вещества) – витамины и минералы; защитные молекулы, которые синтезируются в организме (витальные вещества эндогенного происхождения) – глутатион, коэнзим Q_{10}, тиоредоксин и др. Экзогенные витальные вещества улучшают переваримость кормов, стимулируют рост и развитие животных и обладают антимикробным действием [6].

Механизм антиоксидантной защиты организма формировался в процессе филогенеза и в научной литературе описан как «антиокси-

дантная система» [7], включающая в себя эндогенные, экзогенные антиоксиданты и хелатные вещества [8]. В связи с тем, что защитные соединения – антиоксиданты расположены в органеллах клетки, во вне- и внутриклеточном пространствах, защита клеток состоит из нескольких этапов [9].

Первый этап: блокировка формирования свободных радикалов путем удаления предшественников свободных радикалов антиоксидантными ферментами – супероксиддисмутазой (SOD), глутатионпероксидазой (GSH-Px) и связывающими металлы белками. В стрессовых ситуациях происходит высвобождение свободного железа: супероксидный радикал выделяет железо из ферритина, а H2O2 деградирует гемоглобин для высвобождения ионов железа [10]. Бесспорно, в данных биохимических реакциях железо играет очень важную роль, однако этот элемент небезопасен в случае недостаточной обработки (хелатирования) его белками. Фактор присутствия первого этапа антиоксидантной защиты является недостаточным, и полного предотвращения образования свободных радикалов не происходит.

Ряд радикалов избегают превентивного, первого, уровня антиоксидантного защитного механизма, поэтому второй этап защиты состоит из витамина Е, каротиноидов, убихинола, аскорбиновой кислоты, витамина А, мочевой кислоты и ряда других антиоксидантов. Эти вещества предотвращают стадию распространения липидов путём перекисного окисления и взаимодействия пероксидного радикала липида (LOO) и токоферола (Toc), в результате чего образуются токсероксильные радикалы и гидропероксиды липидов. Несмотря на то, что витамин Е очень эффективный природный антиоксидант в борьбе со свободными радикалами, и является основным в цепи антиоксидантной защиты второго этапа, гидропероксиды, полученные в реакции витамина Е с пероксильными радикалами, являются токсичными и, если их не удалить, то нарушается структура мембран клеток и их функции. Гидропероксиды липидов также нестабильны и в присутствии ионов переходных металлов вполне могут разлагаться, производя новые свободные радикалы и цитотоксические альдегиды [11]. Именно поэтому гидропероксиды должны быть удалены из клетки таким же образом, как и H2O2, но каталаза неспособна произвести детоксикацию этих соединений, и только Se-зависимая GSH-Px превращает гидропероксиды в нереактивные продукты [12]. Поскольку витамин Е выполняет лишь половину работы по предотвращению перекисного окисления липидов путем очистки радикалов и образования гидропероксидов, вторая часть этого важного процесса антиоксидантной защиты связана с тандемом взаимодействия селена и GSH-Px. Доказано, что даже очень высокие дозы витамина Е не могут заменить Se, который необходим для завершения второй части антиоксидантной защиты. Таким образом, селен, как неотъемлемая часть GSH-Px и тиоредоксинредуктазы, принадлежит к первому и второму этапам антиоксидантной защиты [13].

Одним из основных антиоксидантов второго этапа является коэнзим Q10, который синтезируется in vivo. В число эффективных антиоксидантов также были включены каротиноиды, демонстрирующие максимальную антиоксидантную активность, и преобладающие в здоровых тканях. Было выдвинуто предположение, что каротиноиды не являются основными антиоксидантами, и, скорее, являются лишь важной частью антиоксидантной системы [14].

Витамин С представляет собой гидрофильный антиоксидант, обладающий высокой активностью по отношению к свободным радикалам [15, 16, 17]. Глутатион (GSH) – является наиболее распространенным типом трипептида в клетках птиц и млекопитающих, считается активным антиоксидантом в биологических системах, обеспечивающих восстановительную среду для клеток [18, 19, 20]. GSH действует как акцептор свободных радикалов [21]. Снижение концентрации GSH в тканях зачастую связано с увеличением уровня липидов при перекисном окислении [22]. Кроме того, в условиях стресса GSH предотвращает потерю тиолов белка и витамина Е [23], и играет важную роль в качестве ключевого модулятора клеточной передачи сигналов [24]. Животные и люди способны самостоятельно синтезировать глутатион.

Уриновая кислота традиционно считается метаболически инертным конечным продуктом метаболизма пурина в человеке, без какой-либо физиологической ценности. Однако это вполне распространенное соединение оказалось антиоксидантом, действующим выборочно [25].

Действие второго этапа антиоксидантной защиты не способно полностью предотвратить образование свободных радикалов в клетках. Третий этап антиоксидантной защиты основан на системах, устраняющих повреж-

денные молекулы и восстанавливающих их. Этот этап включает в себя работу липаз, пептидаз или протеаз и прочих ферментов (репаративные ферменты ДНК, нуклеазы, лигазы, протеиназы, полимеразы, фосфолипазы и трансферазы). Фактически только на третьем этапе антиоксидантной защиты, почти все формы свободных радикалов окисляются метиониновыми остатками белков, которые состоят из смеси R- и S-изомеров метионин сульфоксида [26].

Редуктаза метионин сульфоксида (Msr) трансформирует свободный или связанный с белком метионинсульфоксид назад в метионин [27]. Обнаружено, что метионинсульфоксидредуктаза млекопитающих B (MsrB) является селенопротеином, который может восстанавливать R-форму как свободного, так и включенного в белок метионин сульфоксида до метионина. Происходит восстановление поврежденных метионином белков в условиях окислительного стресса [28]. Предполагается, что Msr выполняет следующие важные функции в клеточном метаболизме: является компонентом антиоксидантной защиты и вырабатывает фермент восстановления.

Весь комплекс антиоксидантов действует в организме в ассоциации друг с другом, образуя интегрированную антиоксидантную систему.

Таким образом, резюмируя имеющийся мировой опыт, ученые выдвигают концепцию антиоксидантной защиты клеток, суть которой состоит в том, что защита, которую активирую поступающие антиоксиданты, основана на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток путем очистки исходных радикалов за счет индицирования их различными транскрипционными факторами, связанными с синтезом альтернативной оскидазы, включая супероксиддисмутазу, глутатионпероксидазу, каталазы, глутатионредуктазы, глутатионтрансферазы и т. д. На заключительном этапе идёт связывание ионов металлов белками и превращение их в нерадикальный (нетоксичный) продукт. Происходит очистка промежуточных радикалов, пероксильными радикалами (витамины, глутатионы, мочевая кислота, билирубин, убихинол и т. д.), восстанавливаются и удаляются фатально поврежденные молекулы, активизируется синтез защитных молекул [29, 30, 31, 32, 33, 34].

Антиоксиданты в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Поскольку затраты на корм являются наиболее важной долей в структуре затрат животноводства и птицеводства, актуальным вопросом остается проблема обеспечения полноценности качественных характеристик рациона. Применение антиоксидантов позволяет улучшить сохранность корма и оптимизировать обмен веществ организма животных и птицы. Биологически активные соединения, к которым относятся антиоксиданты, подразделяются на две основные группы: биологические (природные) и синтетические. Примерами синтетических антиоксидантов являются: дилудин, ионол, фенозан, сантохин, феноксан и прочие. К природным относят некоторые витамины, коферменты, микроэлементы и т. д. [35, 36].

Синтетические антиоксиданты обычно применяются с целью угнетения роста микробов, тем самым продлевая срок годности мяса в период хранения. Однако при неправильном применении синтетических веществ, даже при небольшой передозировке, в продуктах отмечается токсикологический эффект [37].

Исследованиями ряда авторов [38, 39] отмечено, что среди нескольких изученных консервантов обработка эвгенолом показала более высокую катионную активность радикалов, что доказало узкую направленность действия синтетических антиоксидантов.

Поиск, характеристика и применение природных антиоксидантов остаются в центре внимания многочисленных исследовательских групп по всему миру. Природные антиоксиданты являются сегодня одной из самых популярных тем в области продовольствия и сельского хозяйства [39, 40]. По одной из теорий полагают, что антиоксидантные свойства растений выработаны в ходе эволюции – на основе фотосинтетической деятельности. Следовательно, каждый вид, подвид, сорт растений могут быть объектом для оценки антиоксидантного потенциала. С другой стороны, основные пути биохимического синтеза являются общими для многих видов растений; поэтому основные антиоксидантно-активные структуры, выявленные в различных растительных веществах, часто бывают похожи и включают в себя простые фенольные соединения, фенольные кислоты, флавоноиды, кумарины, лактоны, терпеноиды и их производные, а также другие классы фитохимических веществ. Учитывая многие возможности замен и межмолекулярного связывания (этерификация, гликозидирование), а также усовершенствования аналитических методов, количество идентифицированных природных антиоксидантов

быстро увеличивается. Например, было идентифицировано более 4000 видов флавоноидов, которые являются хорошо известными природными антиоксидантами, многие из которых отвечают за привлекательное окрашивание цветов, плодов и листьев [39]. Идеальный антиоксидант должен легко усваиваться организмом и предотвращать образование свободных радикалов на физиологически значимых уровнях [41]. Сообщается о противомикробных свойствах экстрактов растений, содержащих полифенолы [42].

Более половины населения США использует пищевые добавки, стоимость которых составляет более 7 миллиардов долларов в год непосредственно в Америке [43], и превышает 30 миллиардов долларов по всему миру [44]. Во многих странах производитель пищевых добавок несет ответственность за факт безопасности добавки. Сертификацию после клинических исследований в обязательном порядке должны пройти лишь лекарственные средства [45], пищевые добавки подвергаются независимому анализу, и, если польза для здоровья перевешивает риски, препарат будет одобрен к продаже. Однако неправильное использование пищевых синтетических добавок может привести к так называемому «антиоксидантному стрессу». Этот термин был впервые использован Y. Dundar, R. Aslan [46] для описания негативных эффектов, возникающих после применения антиоксидантов; также этот вопрос обсуждается и в недавней публикации B. Poljsak, I. Milisav [47].

Как «антиоксидантные», так и окислительные стрессы, приводящие к антиоксидантному дисбалансу, могут нанести вред организму и привести к преждевременному старению клеток и образованию опухолей [48]. Растет число клинических испытаний, в которых люди получали один или несколько синтетических антиоксидантов. В результате возникает серьезный дисбаланс антиоксидантной защиты организма, провоцирующий возникновение «антиоксидантного стресса». Результаты клинических испытаний по потреблению экзогенных синтетических антиоксидантов достаточно противоречивы. В некоторых исследованиях [49] сообщается, что пищевые антиоксиданты искусственного происхождения не влияют на продолжительность жизни, иные авторы [50, 51, 52] утверждают, что антиоксидантная терапия с использованием синтетических антиоксидантов не имела эффекта и даже могла увеличить смертность.

Многие авторы едины в мнении о том, что излишнее введение искусственных антиоксидантных препаратов несмотря на то, что снижает уровень свободных радикалов, вместе с тем угнетает иммунную систему. Следствием такого угнетения является подавление защитного механизма от патогенной микрофлоры и системы удаления поврежденных клеток, в том числе предраковых и раковых [53]. При приеме большого количества химических антиоксидантов с питательными веществами они также могут действовать как прооксиданты, усиливая окислительный стресс [54, 55].

Снижение компенсации окислительного стресса и недостаточное восстановление ускоряют старение клеток. Для предотвращения всех окислительных повреждений в клетках необходим повышенный расход энергии [56, 57]. A. Kowald, T.B.L. Kirkwood предположили, что «виртуальное бессмертие» может быть достигнуто, если 55% всей энергии будет направлено на восстановление и/или предотвращение образования свободных радикалов [58, 59].

Мутации, повышающие общую приспособленность за счет увеличения репродуктивной мощности организма, обычно имеют ряд вторичных и, как правило, отрицательных эффектов и, накапливаясь, приводят к возрастному ухудшению состояния организма. Эти идеи породили концепцию одноразовой сомы, которая, вероятно, является наиболее логически последовательной и эмпирически обоснованной теорией, объясняющей феномен старения с эволюционной точки зрения [60]. B. Halliwell предположил, что стимуляция выработки эндогенных антиоксидантов прооксидантами является эффективнее потребления дополнительных синтетических антиоксидантов [61]. Многие, хорошо зарекомендовавшие себя компоненты здорового образа жизни, являются естественными прооксидантами [62].

Полезные свойства растительных экстрактов, входящих в состав кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве, в последнее время используются все чаще и чаще. Растительные продукты содержат активные вещества в различных количествах, у разных видов растений их активность варьируется в значительной степени в зависимости от сроков сбора, технологий сушки и экстракции [63].

Сообщается о положительном воздействии лекарственных растений, содержащих карвакрол, употребление которых стимулирует потребление корма, регулирует моторику и секрецию желудочно-кишечного тракта,

улучшает процессы пищеварения и последующего увеличения веса у цыплят-бройлеров [64]. Другие исследователи заявляют о весьма спорном эффекте введения подобных растительных экстрактов, поскольку результат зависит от количества, источника и периода введения [65].

На данный момент изучение действия природных антиоксидантов (фитобиотиков) продолжается. Известно, что витальные свойства антиоксидантов растительного происхождения связаны с их фенольным содержимым так же, как и у синтетических фенольных антиоксидантов [66, 67]. К примеру, употребление зеленого чая, в состав которого входят флавоноиды, ингибирующие окислительные ферменты, значительно уменьшает риск возникновения ряда хронических заболеваний [68, 69, 70]. Фенольные соединения, которые были обнаружены в виноградных косточках и кожуре [71, 72, 73, 74], гвоздичном масле [75], в орехах каштана японского [76], корице [77], кожуре томата [78] и семенах граната [79], оказывали подавляющее действие на развитие патогенной микрофлоры в кишечнике цыплят-бройлеров [80] и уменьшали количество ооцист в фекалиях [81].

Также был отмечен положительный эффект применения смеси эфирных масел орегано, лаврового листа, листьев шалфея, листьев мирта, семян фенхеля в количестве до 24 мг на 1 кг корма в качестве пищевой добавки на производстве яиц кур-несушек и перепелов [82, 83].

Влияние действия антиоксидантов на продукты животноводства и птицеводства. Основной причиной химической порчи готовой продукции животноводства и птицеводства является окисление липидов [84]. Срок хранения мяса и мясопродуктов может быть продлен за счет наличия антиоксидантов, поступающих из разных растительных источников. Было установлено, что ежедневное употребление мяса с пониженным уровнем липидного окисления оказывало влияние на снижение вероятности возникновения хронических заболеваний у человека [85].

Был проведен ряд опытов, доказывающих влияние действия кормления антиоксидантами на качество продуктов животноводства в период их хранения и реализации. Установлено влияние экзогенных антиоксидантов в рационе животных в качестве защитного барьера в мышцах, направленного против окисления липидов в послеубойный период [86]. Степень окисления липидов вызывает внешние изменения мяса и снижение питательной ценности [87], палевость, развитие посторонних неприятных запахов и нарушение текстуры мышечной ткани [88], а потребление синтетического витамина Е в период откорма животных улучшает качественные показатели мяса [89, 90]. Было высказано предположение на предмет качественного влияния антиоксидантов на послеубойное хранение мяса и продуктов из него, что все антиоксидантные пищевые добавки, поступающие с кормом в организм животных, эффективно распределяются в тканях и депонируются в мышцах [91]. Одним из наиболее ценных компонентов стволовых клеток растений является вербаскозид, он усиливает антиоксидантную защиту организма животных и птиц в целом и, соответственно, мясо, полученное от данных животных, и продукты его переработки обладают положительными характеристиками качественных показателей [92]. Кормовые добавки с экстрактом, содержащим вербаскозид, улучшили окислительный статус плазмы у свиней [93] и овец [94].

При добавлении в рацион животных натурального экстракта, титрованного в фенилпропаноидных гликозидах, наблюдалось увеличение содержания витаминов А и Е в сыворотке крови, была отмечена положительная корреляция на внешние характеристики мяса и окислительную стабильность как охлажденного, так и замороженного мяса: снизилось липидное окисление в мышцах бедер и большой грудной мышце кур, хранящихся при охлаждении до 4° С и при замораживании до –18°С [95, 96].

Однако невозможно предотвратить нежелательные процессы окисления продуктов животноводства лишь кормлением и содержанием животных и птицы, соответствующими всем нормам зоотехнических и ветеринарных требований. Эту проблему следует решать в более широком аспекте. Окисление в продуктах животноводства – это процесс, в котором электроны удаляются из атома или группы атомов. Некоторые реакции окисления полезны в пищевых продуктах (созревание), в то время как другие приводят к неблагоприятным последствиям, таким как деградация витаминов, пигментов и липидов. Результат – развитие неприятных запахов, потеря цвета, гниение [97].

Мясо и пищевые продукты, содержащие жир с ненасыщенными жирными кислотами, подвергаются ухудшению при хранении за счет автоокисления жирных кислот [98]. Липиды, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты и их сложные эфиры, легко

окисляются под воздействием молекулярного кислорода. Реакция липидов с молекулярным кислородом называется автоокислением. Автоокисление в мясе происходит по принципу образования свободных радикалов под воздействием света и температуры с образованием гидропероксида. Жирные кислоты выделяются в сырое молоко путем гидролиза и могут быть причиной образования нежелательного прогорклого вкуса. Органолептическая оценка пищевых продуктов, таким образом, является решающим тестом на предмет наличия степени окисления продукта [99].

Исследуя степень порчи продуктов животноводства, термин «антиоксидант» использовался как определение для всех веществ, ингибирующих окисление независимо от его механизма действия. К примеру, аскорбиновая кислота, которая обычно используется для предотвращения ферментативного потемнения на срезах фруктов и овощей считается антиоксидантом. В данном случае, аскорбиновая кислота действует как восстановитель путем переноса атомов водорода обратно в хиноны, образующиеся в результате ферментативного окисления. Пищевые антиоксиданты в последнее время используются для описания соединений, которые прерывают свободнорадикальную цепную реакцию, участвующую в окислении липидов. В таблице приведён анализ используемых с этой целью антиоксидантов в пищевой промышленности, добавляемых в продукты животноводства с целью ингибирования автоокисления.

Безопасность продуктов животноводства является важным требованием как со стороны потребителя, так и со стороны производителей сырья [106]. При добавлении антиоксидантов, которые снижают скорость окисления и гидролиза липидов путем стабилизации свободных радикалов, срок годности продуктов увеличивается [107]. Следует обратить внимание, что синтетические антиоксиданты, такие как бутилированный гидроксианизол (2-трет-бутил-4-гидроксианизола и 3-трет-бутил-4-гидроксианизола или пищевая добавка Е-320), бутилированный гидрокситолуол (ВНТ или пищевая добавка Е-321), третичный бутилгидрохинон (2-(1,1-диметил)-этил-1,4-бензиол или пищевая добавка Е-319) и пропилгаллат (1-пропил-3,4,5-тригидроксибензоат), несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления, запрещены во многих странах, поскольку использование их приводит к отрицательному воздействию на здоровье человека [108, 109, 110].

Важно также учитывать тот факт, что микроорганизмы, находящиеся в окружающей среде животноводческих комплексов, как правило, устойчивы к традиционным антибиотикам и являются носителями патогенных генов, в связи с чем дозы лекарственных препаратов приходится увеличивать, а иммунитет животных и человека, как следствие, снижается: у животных – от применения таких препаратов, а у людей – от употребления продуктов животноводства, обогащенных сильнодействующими антибиотиками и лекарственными средствами. Исходя из этого, рекомендуются следующие основные принципы получения безопасной продукции животноводства: обеспечение экологической чистоты окружающей среды, соблюдение санитарно-гигиенических и технологических режимов производства с учетом биологических, химических и физических рисков, исключая бессистемное использование дезинфицирующих средств, антибиотиков и стабилизаторов роста микрофлоры и, наконец, нормализация симбиотической микрофлоры кишечника использованием функциональных продуктов на основе пре- и пробиотиков [111].

Анализируя данные многочисленных исследований, S.A. Salami с соавторами [112] предлагают классифицировать антиоксиданты на три группы по действию их на продукты животноводства. Первая – антиоксиданты, предназначенные для улучшения внешних характеристик. Вторая группа антиоксидантов предназначена для улучшения питательных показателей продуктов животного происхождения (усилители вкуса). Третья группа – антиоксиданты, используемые для продления срока годности продуктов животноводства. Однако авторы делают общий вывод, что до сих пор нет единого мнения об эффективности применения антиоксидантов, имеющих природное или искусственное происхождение, в качестве консервантов. В этом случае следует объединить дальнейшие усилия ученых и инвесторов, заинтересованных в изучении действия антиоксидантов на продукты животного происхождения.

Таким образом, с целью снижения уровня окисления липидов в продукции животноводства и птицеводства применяются также антиоксиданты, выполняющие функцию консервантов. Реакции окисления в пищевых продуктах подразделяются на полезные (созревание) и неблагоприятные (деградация витаминов, пигментов, липидов и т.д.).

Таблица / Table

Коммерческое использование антиоксидантов для увеличения срока хранения липидсодержащих продуктов животноводства /
Commercial use of antioxidants for increasing the storage time of lipid-containing animal products

Антиоксидант / Antioxidant	*Функция антиоксиданта / Antioxidant function*	*Продукты питания, в которые добавляют антиоксидант / Food with antioxidant added*	*Ссылка на источник / Source link*
Синтетические антиоксиданты / Synthetic antioxidants			
Бутилгидрокситолуол (Е-321) / Butylhydroxytoluene (E-321)	Блокиратор свободных радикалов / Free radical blocker	Жевательная резинка, картофельные чипсы, комбижир, сухие хлопья для завтрака, мясо, животный жир / Chewing gum, potato chips, combined fat, dry breakfast cereal, meat, animal fat	[100]
Бутилгидроксианизол (Е-320) / Butylhydroxyanisole (E-320)		Газированные напитки, мороженое, конфеты, хлебобулочные изделия, желе, десерты, картофельные чипсы, сухие завтраки, сухие дрожжи, сухие смеси для приготовления десертов, сало, колбаса, рыбные консервы, какао, вермишель быстрого приготовления, бульонные кубики / Carbonated drinks, ice cream, sweets, bakery products, jelly, desserts, potato chips, breakfast cereals, dry yeast, dry mixes for making desserts, lard, sausage, canned fish, cocoa, quick-cooking noodle, bouillon cubes	[101]
Третичный бутилгидрохинон (Е-319) / Tertiary butylhydroquinone (E-319)			[102]
Пропилгаллат (Е-310) / Propyl gallate (E-310)		Жиры, масло, картофельные чипсы, картофельное пюре, майонез / Fats, butter, potato chips, mashed potatoes, mayonnaise	[103]
Аскорбилпальмитат (Е-304) / Ascorbyl palmitate (E-304)		Мясо, фрукты / Meat, fruit	[101]
Тиопропионовая кислота (Е-280) / Thiopropionic acid (E-280)	Редуцент надкислот / Peracid decomposer	Масло / Butter	[101]
Натуральные антиоксиданты / Natural antioxidants			
Экстракт розмарина / Rosemary extract	Блокиратор свободных радикалов / Free radical blocker	Мясо, жареная еда, яичный порошок, мясо индейки механической обвалки / Meat, fried food, egg powder, mechanically deboned turkey meat	[101-104]
Аскорбиновая кислота / Vitamin C	Редуцент надкислот / Peracid decomposer	Нарезанные персики, замороженная рыба, соусы, сухое молоко, пивной Эль, ароматизированные масла, яблочные слабоалкогольные напитки, молоко, конфеты, искусственно подслащенные желе и консервы, консервированные грибы, мясо индейки механической обвалки / Sliced peaches, frozen fish, sauces, powdered milk, beer Ale, flavored oils, low-alcohol apple drinks, milk, sweets, artificially sweetened jelly and canned food, canned mushrooms, mechanically deboned turkey meat	[100, 102]
Экстракт шалфея / Salvia extract	Блокиратор свободных радикалов / Free radical blocker	Картофельные чипсы / Potato chips	[101]
Гваякум (*Guaiacum* L.) / Guaiacum (*Guaiacum* L.)		Масло, животный жир / Oil, animal fat	[101, 102]
Конифериловый спирт / Coniferyl alcohol		Общее использование в пищевой промышленности / General use in the food industry	[101, 102, 105]
Токоферолы / Tocopherols		Топленые животные жиры, масла, яйца, мясо индейки механической обвалки / Rendered animal fats, oils, eggs, mechanically deboned turkey meat	[101, 103, 105]

В результате неблагоприятного действия окисления происходит накопление отрицательных органолептических факторов – неприятных запахов, потери цвета и гниение. Широкое использование синтетических консервантов, которые являются по своей сути антиоксидантами и применяются с целью хранения продуктов животноводства и птицеводства, не всегда является благоприятным фактором для человека как потребителя продуктов. Поскольку безопасность продуктов животноводства является важным требованием, синтетические антиоксиданты, применяемые в консервации продуктов животноводства, несмотря на свою эффективность в ингибировании окисления, запрещены во многих странах, поэтому выбор антиоксидантов природного происхождения является актуальным и малоизученным.

Выводы. Выдвигается концепция защиты клеток животных и птицы антиоксидантами, основанная на предотвращении утечки свободных электронов в митохондриях клеток. В ходе антиоксидантной защиты удаляются промежуточные радикалы и поврежденные молекулы, а в клетках активизируется синтез защитных молекул.

Кормовые добавки из растений с их высоким содержанием антиоксидантов позволяют повысить эффективность выращивания животных и птицы без ущерба качеству продукции. Ряд растений являются богатым источником природных антиоксидантов, в составе которых фенольные соединения и флаваноиды играют жизненно важную роль в предотвращении заболеваний, связанных как с окислительным стрессом, при котором образуются свободные радикалы, так и в качестве ингибиторов патогенной микрофлоры. Кроме того, применение природных антиоксидантов позволит снизить химическую нагрузку на организм животных и птицы, что является важным фактором получения экологически безопасных продуктов животноводства.

В ходе окисления продуктов животноводства происходят органолептические изменения, влияющие на сроки хранения. Степень окисления может быть ограничена за счет использования антиоксидантов как в период кормления животных, так и в период хранения полученной продукции животноводства. Природная альтернатива традиционным синтетическим антиоксидантам более предпочтительна, поскольку до сих пор практически не доказан наносимый вред потребителю от действия природных антиоксидантов в сравнении с синтетическими: природные антиоксиданты достаточно эффективно замедляют окисление липидов.

References

1. Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2015;50(4):431-443. DOI: 10.15389/ agrobiology.2015.4.431rus.

Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh. *Teplovoy stress u ptitsy. Soobshchenie II. Metody i sposoby profilaktiki i smyagcheniya (obzor)*. [Heat stress in poultry. II. Methods and techniques for prevention and alleviation (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2015;50(4):431-443. (In Russ.). DOI: 10.15389/ agrobiology.2015.4.431rus.

2. Mailyan E.S. Stress in poultry: focus on turkeys causes, mechanism, consequences, diagnostics and prevention. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research. 2016;3(6):194-196. DOI: 10.15406/jdvar.2016.03.00098.

3. Сурай П., Фисинин В. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам // Сельскохозяйственная биология. 2012;(4):3-13. Режим доступа: http://www.agrobiology.ru/ articles/4-2012surai.pdf.

Suray P., Fisinin V. *Sovremennye metody bor'by so stressami v ptitsevodstve: ot antioksidantov k vitagenam*. [The modern anti-stress technologies in poultry farming: from antioxidants to vitagenes]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2012;(4);3-13. (In Russ.). URL: http://www.agrobiology.ru/articles/4-2012surai.pdf.

4. Halliwell B. Free Radicals in Biology and Medicine. J.M.C. Gutteridge (Eds.). 5th Edition. Oxford University Press, 2015. 961 p. DOI: 10,1093 / acprof: oco / 9780198717478.001.0001.

5. Фисинин В. Инновационные методы борьбы со стрессом в птицеводстве. Птицеводство. 2009;(8):10-14. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_17089303_16568124.pdf

Fisinin V. *Innovatsionnye metody bor'by so stressom v ptitsevodstve*. [Innovative anti-stress methods in poultry farming]. *Ptitsevodstvo*. 2009;(8):10-14. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17089303_16568124.pdf.

6. Багно О.А., Прохоров О.Н., Шевченко С.А., Шевченко А.И., Дядичкина Т.В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2018;53(4):687-697. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.687rus.

Bagno O.A., Prokhorov O.N., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., Dyadichkina T.V. *Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh (obzor)*. [Use of phytobioticts in farm animal feeding (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2018;53(4):687-697. (In Russ.). DOI: 10.15389/agrobiology. 2018.4.687rus.

7. Surai P.F. Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction Nottingham: Nottingham University Press, 2002. 974 p. ISBN 1-897676-95-6.

8. Halliwell B. Oxidants and human disease: some new concepts. FASEB J. 1987. No. 1. P. 358-364. DOI: 10.1111/j.1600-0404.1989.tb01779.x.

9. Diplock A.T. Antioxidants and disease prevention. In: Baum, H (ed.), Molecular Aspects of Medicine. Vol. 15. Oxford, New York: Pergamon Press, 1994. P. 295-376. URL: https://doi.org/10.1016/0098-2997(94)90005-1.

10. Brigelius-Flohe R. Tissue-specific functions of individual glutathione peroxidases. Free Radic. Biol. Med. 1999;(27):951-965. https://www.pubfacts.com/detail/10569628/Tissue-specific-functions-of-individual-glutathione-peroxidases.

11. Surai P., Fisinin V.I. Chapter 17 Ill Health Effects of Food Lipids: Consequences of Inadequate Food Processing, Storage and Cooking. F. De Meester et al. (eds.), Modern Dietary Fat Intakes in Disease Promotion, 251 Nutrition and Health, Springer Science+Business Media, LLC 2010. P. 251-274. DOI: 10.1007/978-1-60327-571-2_17.

12. Yu B.P. Cellular defences against damage from reactive oxygen species. Physiol. Rev. 1994;(74);139-162.

13. Halliwell B. Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo? Free Radic. Res. 1996;(25);439-454. DOI: https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3.

14. Carr A., Frei B. Does vitamin C acts as a pro-oxidant under physiological conditions? FASEB J. 1999;(13):1007-1024. DOI: 10.1096 / fasebj.13.9.1007.

15. Meister A., Anderson M.E. Glutathione. Annu. Rev. Biochem. 1983;(52):711-760. DOI: 10,1146 / annurev.bi.52.070183.003431

16. Sen C.K. Packer L. Thiol homeostasis and supplements in physical exercise. Am. J. Clin. Nutr. 2000;(72 (suppl.)):553-669. PMID: 10919972.

17. Forman HJ, Zhang H, Rinna A. Glutathione: overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. Mol Aspects Med 2009;(30):1-12. DOI: 10.1016 / j.mam.2008.08.006.

18. Bains J.S., Forman H. J., Zhang H., Rinna A. Neurodegenerative disorders in human: the role of glutathione in oxidative stressmediated neuronal death. Brain Res. Rev. 1997;(25):335-358. PMID: 9495562.

19. Thompson K.H., Godin D. V., Lee M. Tissue antioxidant status in streptozotocin-induced diabetes in rats. Effects of dietary manganese deficiency. Biol. Trace Elem. Res. 1992;(35):213-224. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02783767.

20. Palamanda J.R., Kehrer J.P. Involvement of vitamin E and protein thiols in the inhibition of microsomal lipid peroxidation by glutathione. Lipids. 1993;(278):427-431. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02535941.

21. Elliott S.J., Koliwad S.K. Redox control of ion channel activity in vascular endothelial cells by glutathione. Microcirculation. 1997;(4):341-347. DOI: 10,3109 / 10739689709146798.

22. Becker B.F. Towards the physiological function of uric acid. Free Radic. Biol. Med. 1993;(14):615 - 631. PMID: 8325534.

23. Stadtman E.R. Moskovitz J., Berlett B.S., Levine R.L. Cyclic oxidation and reduction of protein methionine residues is an important antioxidant mechanism. Mol. Cell Biochem. 2002;3(9):234-235. PMID: 12162447.

24. Levine R.L., Mosoni L., Berlett B.S., Stadtman E.R. Methionine residues as endogenous antioxidants in proteins. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1996;(93):15036-15040. DOI: 10,1073 / pnas.93.26.15036

25. Bar-Noy S., Moskovitz J. Mouse methionine sulfoxide reductase B: effect of selenocysteine incorporation on its activity and expression of the seleno-containing enzyme in bacterial and mammalian cells. Biochem. Biophys. Res. Commun. 2002;297(4):956-961. DOI: https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)02314-8.

26. Surai P.F. Antioxidant Action of Carnitine: Molecular Mechanisms and Practical Applications. EC Veterinary Science. 2015;(2):66-84. URL: https://www.researchgate.net/publication/281279882_Antioxidant_Action_of_Carnitine_ Molecular_ Mechanisms_and_Practical_Applications.

27. Surai P.F. Antioxidant systems in poultry biology: Heat Shock Protein. Journal of Sciences. 2015;(5):1188-1222. DOI: 10.21767/2572-5459.100008.

28. Surai P.F. Silymarin as a Natural Antioxidant: An Overview of the Current Evidence and Perspectives. Antioxidants. 2015;(4): 204-247. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox4010204.

29. Shatskih E., Latipova E., Fisinin V., Denev S., Surai P. Molecular mechanisms and new strategies to fight stresses in egg-producing birds. Agricultural Science and Technology. 2015;7(1):3-10. License: CC BY-NC-ND 4.0.

30. Surai P., Fisinin V.I. Antioxidant-Prooxidant Balance in the Intestine: Applications in Chick Placement and Pig Weaning. J Veter Sci Med. 2015;3(1):16. DOI: 10.13188/2325-4645.1000011.

31. Surai P.F. Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. Journal of Animal Research and Nutrition. 2016;1(1):1-17. DOI: 10.21767 / 2572-5459.100008.

32. Benzie I.F.F. Evolution of dietary antioxidants. Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular and Integrative Physiology. 2003;136(1):113-126. DOI: https://doi.org/10.1016/S1095-6433(02)00368-9.

33. Bjelakovic G., Nikolova D, Simonetti R.G., Gluud C. Systematic review: primary and secondary prevention of gastrointestinal cancers with antioxidant supplements. Alimentary Pharmacology & Therapeutics. 2008;28(6): 689-703. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)17138-9.

34. Carocho M., Ferreira I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. Food and Chemical Toxicology. 2013;51(1):15-25. DOI: 10.1016/j.fct.2012.09.021.

35. Kahl R. Synthetic antioxidants: biochemical actions and interference with radiation, toxic compounds, chemical mutagens and chemical carcinogens. Toxicology. 1984;33(3-4):185-228. DOI: 10.12691/jfnr-4-6-6.

36. Zhang H., Wu J., Guo X. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on rawchicken meat quality. Food Science and Human Wellness. 2016;(5):39-48. DOI: 10,1016 / j.fshw.2015.11.003.

37. Khare A.K., Biswas A.K.; Sahoo J. Comparison study of chitosan, EDTA, eugenol and peppermint oil for antioxidant and antimicrobial potentials in chicken noodles and their effect on colour and oxidative stability at ambient temperature storage. LWT- Food Science and Technology. 2014;55(1):286-293. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.024.

38. Augustiniak A., Bartosz G., Cipak A., Dubus G., Horáková L., Łuczaj W., Májeková M., Odysseos A., Racková L., Skrzydlewska E., Stefek M., Strosová M., Tirzitis G., Venskutonis R., Viskupicova J., Vraka P. V., Zarkovic N. Natural and synthetic antioxidants: An updated overview. Free Radical Research 2010;(44(10)):1216-1262. DOI: 10.3109/10715762.2010.508495.

39. Nijveldt RJ, van Nood E, van Hoorn DEC, Boelens PG, van Norren K, van Leeuwen PAM. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. Am J Clin Nutr 2001;(74):418-425. DOI: 10.1093/ajcn/74.4.418.

40. Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор). Таврический вестник аграрной науки. 2018;(1(13)):16-38. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.

Pashtetskiy V.S., Nevkrytaya N.V. *Ispol'zovanie efirnykh masel v meditsine, aromaterapii, veterinarii i rastenievodstve (obzor)*. [The use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary medicine and crop production (review)]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2018;(1(13)):16-38. (In Russ.). DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.

41. Rahman K. Studies on free radicals, antioxidants, and cofactors. Clinical Interventions in Aging. 2007;2(2):219-236. DOI: http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.46083.

42. Moyo B., Oyedemi S., Masika P.J., Muchenje V. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. Meat Science. 2012;(91):441-447. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.02.029.

43. Glaser V. Billion-dollar market blossoms as botanicals take root // Nature Biotechnology. 1999;17(1):17-18. PMID: 9920256. DOI: 10,1038 / 5186.

44. Raskin I., Ribnicky D.M., Komarnytsky S., Nebojša I., Poulev A., Borisjuk N., Brinker. A., Moreno D.A., Ripoll Ch., Yakoby N., O'Neal J., Cornwell T., Pastor I., Fridlender B. Plants and human health in the twenty-first century. Trends in Biotechnology. 2002;20(12):522-531. DOI: 10.1016/S0167-7799(02)02080-2.

45. Poljsak B., Šuput D., Milisav I. Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants. Review Article. Oxidative Medicine and Cellular Longevity 2013;11(1): DOI: 10.1155/2013/956792.

46. Dündar Y., Aslan R. Antioxidative stress. Eastern Journal of Medicine. 2000;5(2):45-47. URL: http://www.journalagent.com/ejm/pdfs/EJM_5_2_45_47.pdf.

47. Poljsak B., Milisav I. The neglected significance of `Antioxidative Stress`. Oxidative Medicine and Cellular Longevity 2012;2012:12. DOI: http://dx.doi.org/10.1155/2012/480895.

48. Halliwell B. Oxidative stress and cancer: have we moved forward? Biochemical Journal. 2007;401(1):1-11. DOI: 10.1042/BJ20061131.

49. Omenn G.S., Goodman G.E., Thornquist M.D., Balmes J., Cullen M.R., Glass A., Keogh J.P., Meyskens F.L., Valanis B., Williams J.H., Barnhart S., Hammar S. Effects of a combination of beta carotene and vitamin A on lung cancer and cardiovascular disease. The New England Journal of Medicine. 1996; 334(18):1150-1155. PMID: 8602180.

50. Bjelakovic G., Nikolova D., Simonetti R.G., Gluud C. Antioxidant supplements for prevention of gastrointestinal cancers: a systematic review and meta-analysis. The Lancet. 2004;364(9441):1219-1228. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)17138-9.

51. Miller E.R., Pastor-Barriuso R., Dalal D., Riemersma R.A., Appel L.J., Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. Annals of Internal Medicine. 2005;142(1):37-46. DOI: 10.1016/j.accreview.2005.04.017.

52. Ristow M., Zarse K., Oberbachetal A. Antioxidantsprevent health Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases.- Promoting effects of physical exercise in humans. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. 2009;106:8665-8670. DOI:10.1073/pnas.0903485106

53. Salganik R.I. The benefits and hazards of antioxidants: controlling apoptosis and other protective mechanisms in cancer patients and the human population. J Am Coll Nutr. 2001. Oct; 20 (5 Suppl.): 464S-472S; discussion 473S-475S. URL: https://www.pubfacts.com/detail/11603657/The-benefits-and-hazards-of-antioxidants-controlling-apoptosis-and-other-protective-mechanisms-in-ca.

54. Podmore I.D., Griffiths H.R., Herbert K.E., Mistry N., Mistry P., Lunec J. Vitamin C exhibits prooxidant properties. Nature. 1998;392(6676): 559. URL: https://pdfs.nutramedix.ec/Vitamin%20C%20-%20Anioxidant%20(Pro-oxi).pdf.

55. Palozza P. Pro-oxidant actions of carotenoids in biologic systems. Nutrition Reviews. 1998;56(9):257-265. PMID: 9763875.

56. Davies K.J. Oxidative stress: the paradox of aerobic life // Biochemical Society Symposium 1995;61:1-31. DOI: 10.1042 / bss0610001.

57. Blatt T., Wenck H., Wittern K.P. Alterations of energy metabolism in cutaneous aging. In Textbook of Aging Skin, M. A.Farage, K.W.Miller, and H.I.Maibach, Eds., Springer, Berlin, Germany, 2010. DOI: 10.1007/978-3-540-89656-2_29.

58. Kowald A., Kirkwood T.B.L. Towards a network theory of ageing: a model combining the free radical theory and the protein error theory. Journal of Theoretical Biology. 1994;168(1):75-94. PMID: 8022192.

59. Kowald A., Kirkwood T.B.L. A network theory of a ageing: the interactions of defective mitochondria, aberrant proteins, free radicals and scavengers in the ageing process. Mutation Research. 1996; 316(5-6):209-236. PMID: 8022192.

60. Kirkwood T.B.L. Evolution of ageing. Nature. 1977;270(5635):301-304. DOI: https://doi.org/10.1038/270301a0.

61. Halliwell B. Free radicals and antioxidants - quo vadis? Trends in Pharmacological Sciences. 2011;32(3):125-130. PMID: 21216018 DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.tips.2010.12.002.

62. Williamsand K.J., Fisher E.A. Oxidation, lipoproteins and atherosclerosis: which is wrong, the antioxidants or the theory? Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care. 2005:8(2):139-146. PMID: 15716791.

63. Marzoni M., Chiarini R., Castillo A., Romboli I, De Marco M. Effects of dietary natural antioxidant supplementation on broiler chicken and Muscovy duck meat quality. Achille Schiavone Animal Science. Papers and Reports. 2014;32(4):359-368.

64. Khaligh F., Sadeghi G., Karimi A., Vaziry A. Evaluation of different medicinal plants blends in diets for broiler chickens. Journal of Medicinal Plants Research. 2011;(5):1971-1977. URL: https://www.researchgate.net/publication/228472273_Evaluation_of_different_medicinal_plants_blends_in_diets_for_broiler_chickens.

65. Hernandez F., Madrid J., Garcia V., Orengo J., Megias M. D. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. Poultry Science. 2004;(83):169-174. PMID: 14979566.

66. Chammem N., Saoudi S., Sifaoui I., Sifi S., De Person M., Abderraba M., Moussa F., Hamdi M. Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. Industrial Crops and Products. 2015;(74):592-599. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.05.054.

67. Delgado M.A., García-Rico C., Franco J.M. The use of rosemary extracts in vegetable oil-based lubricants. Industrial Crops and Products. 2014;(62):474-480. DOI: 10,1016 / j.indcrop.2014.09.021.

68. Rashidinejad A., Birch E.J., Everett D.W. Antioxidant activity and recovery of green tea catechins in full-fat cheese following gastrointestinal simulated digestion. Journal of Food Composition and Analysis. 2016;(48):13-24. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.02.004.

69. Gerolis L.G.L., Lameiras F.S., Krambrock K., Neves M.J. Effect of gamma radiation on antioxidant capacity of green tea, yerba mate, and chamomile tea as evaluated by different methods. Radiation Physics and Chemistry. 2017;(130):177-185. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2016.08.017

70. Duong D.N., Qin J.G., Harris J.O., Hoang T.H., Bansemer M.S., Currie K.L., Phan-Thien K.Y., Dowell A., Stone D.A. J. Effects of dietary grape seed extract, green tea extract, peanut extract and vitamin C supplementation on metabolism and survival of greenlip abalone (*Haliotis laevigata Donovan*) cultured at high temperature. Aquaculture. 2016;(464):364-373. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.011.

71. Sharpe E., Hua F., Schuckers S., Andreescu S., Bradley R. Effects of brewing conditions on the antioxidant capacity of twenty-four commercial green tea varieties. Food Chemistry. 2016;(192):380-387. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.07.005.

72. Jiao J., Wei Y., Chen J., Chen X., Zhang Y. Antiaging and redox state regulation effects of A-type proanthocyanidins-rich cranberry concentrate and its comparison with grape seed extract in mice. Journal of Functional Foods. 2017;(30):63-73. DOI: 10.1016/j.jff.2016.12.039.

73. Charradi K., Mohamed M., Bedhiafi T., Kadri S., Elkahouia S., Limam F., Aouani E. Dietary supplementation of grape seed and skin flour mitigates brain oxidative damage induced by a high-fat diet in rat: Gender dependency. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2017;(87):519-526. DOI: 10.1139/cjpp-2013-0225.

74. Quijada-Morín, N., García-Estévez I., NogalesBueno J., Rodríguez-Pulido F.J., Heredia F.J., Rivas-Gonzalo J.C., Escribano-Bailón M.T., Hernández-Hierro J.M. Trying to set up the flavanolic phases during grape seed ripening: A spectral and chemical approach. Talanta. 2016;(160):556-561. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2016.07.064.

75. Muppalla S.R., Kanatt S.R., Chawla S.P., Sharma A. Carboxymethyl cellulose – polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. Food Packaging and Shelf Life. 2014;(2):51-58. DOI: 10.1016/j.fpsl.2014.07.002.

76. Lee N.K., Jung B.S., Na D.S., Yu H.H., Kim J.S., Paik H.D. The impact of antimicrobial effect of chestnut inner shell extracts against *Campylobacter jejuni* in chicken meat. LWT- Food Science and Technology. 2016;(65): 746-750. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.09.004.

77. Bonilla J., Sobral P.J.A. Investigation of the physicochemical, antimicrobial andantioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. Food Bioscience. 2016;(16):17-25. DOI: https://doi.org/10.1007/s10973-017-6472-4

78. Su S., Wang L.J., Feng C.Y., Liu Y., Li C.H., Du H., Tang Z. Q., Xu Y.J., Wang L.S. Fingerprints of anthocyanins and flavonols of *Vaccinium uliginosum* berries from different geographical origins in the Greater Khingan Mountains and their antioxidant capacities. Food Control. 2016;(64):218-225. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.01.006.

79. Bazargani-Gilani B., Aliakbarlu J., Tajik H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora Boiss* essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2015;(29):280-287. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.04.007.

80. Peek H.W., Halkes S.B.A., Tomassen M.M.M., Mes J.J., Landman W.J.M. In vivo screening of five phytochemicals/extracts and a fungal immunomodulatory protein against colibacillosis in broilers. Avian Pathol. 2013;(42(3)):235-247. DOI: 10,1080 / 03079457.2013.780121.

81. Surai P.F. Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from the past to the future. J Anim Phys Anim Nutr. 2013;(98(1)):19-31. DOI: 10.1111 / jpn.12070.

82. Çabuk M., Serdar Eratak S., Alçicek A., Bozkurt M. Effects of Herbal Essential Oil Mixture as a Dietary Supplement on Egg Production in Quail. Scientific World Journal. 2014;2014:4. DOI: 10,1155 / 2014/573470.

83. Küçükyilmaz K., Kiyma Z., Akdağ A., Çetinkaya M., Atalay H., Ateş A., Gürsel F.E., Bozkurt M. Effect of lavender (*Lavandula Stoechas*) essential oil on growth performance, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status of broilers. South African J Anim. Sci. 2017;47(2):178-186. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i2.9.

84. Ratti R. The influence of animal nutrition on meat quality. Doctoral Program in Animal Nutrition and Food Safety. Academic Year: 2013-2014. 121 p. URL: https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/259595/358372/phd_unimi_R 09541.pdf.

85. Decker E.A., Xu Z. Minimizing rancidity in muscle foods. Food Technology. 1998. Vol. 52 (10). P. 54-59.

86. Monahan F.J., Buckley D.J., Morrisey P.A., Lynch P.B., Gray J.I. Influence of dietary fat andα-tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. Meat Science. 1992;31:229-241. DOI: https://doi.org/10.1079/PNS19940034.

87. Corino C., Oriani G., Pantaleo L., Pastorelli G., Salvatori G. Influence of dietary vitamin E supplementation on “heavy” pig carcass characteristics, meat quality, and vitamin E status. Journal of Animal Science. 1999;77:1755-1761. URL: https://www.pubfacts.com/detail/10438022/Influence-of-dietary-vitamin-E-supplementation-on-heavy-pig-carcass-characteristics-meat-quality.

88. Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Lee E.J., Ahn D.U. Improving functional value of meat products. Meat Science. 2010;86:15-31. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.018.

89. Yeates A.J., McSorley E.M., Cuskelly G.J., Moss B.W., Wallace J.M.W.W., Bonham M.P., Fearon A.M. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits- Review. Meat Science. 2010;(84):1-13 DOI: 10.1016 / j.meatsci.2009.08.029.

90. McMillin K.W. Initiation of oxidative processes in muscle foods. Reciprocal Meat Conferences Proceedings. 1996;49:53-64. URL: https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1996/initiation-of-oxidative-processes-in-muscle-foods.pdf?sfvrsn=2.

91. Bou R., Codony R., Tres A., Decker E.A., Guardiola F. Dietary Strategies to Improve Nutritional Value, Oxidative Stability, and Sensory Properties of Poultry Products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2009;(49):800-822. PMID: 20443160.

92. Aleo E., Ricci R., Passi S., Cataudella S. A novel cyt-H_2O_2 chemiluminescenes assay for measuring the reducing/antioxidant capacity on hydrophilic and lipophilic antioxidants and biological samples. Progress in Nutrition. 2005;(3):154-182. URL: https://www.researchgate.net/publication/285756435_A_novel_cyt_C-H2O2-chemilumi-

nescence_assay_for_measuring_the_reducingantioxidant_capacity_of_a_wide_range_of_hydrophilic_and_lipophilic_antioxidants_and_biological_samples.

93. Pastorelli G., Rossi R., Corino C. Influence of *Lippia citriodora* verbascoside on growth performance, antioxidant status and serum immunoglobulines content in piglets. Czech Journal of Animal Science. 2012;(57):312-322. DOI: https://doi.org/10.17221/6006-CJAS.

94. Casamassima D., Palazzo M., Martemucci G., Vizzarri F., Corino C. Effects of verbascoside on plasma oxidative status and blood and milk production parameters during the peripartum period in lacaune ewes. Small Ruminant Research. 2012;(105):1-8. Вет Рес 2014;51(2):89 - 100. DOI: https://doi.org/10.17221/6825-CJAS.

95. Palazzo M., Vizzarri F., Cinone M., Corino C., Casamassima D. Assessment of a natural dietary extract, titrated in phenylpropanoid glycosides, on blood parameters and plasma oxidative status in intensively reared Italian hares (*Lepus corsicanus*). Animal. 2011;(5):844-850. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731110002569.

96. Marcinčák S., Mesarčová L., Popelka P., Čertík M., Šimková J., Marcinčáková D., Maľa P., Zachar P., Mártonová M. The influence of dietary supplementation with Melissa officinalis and combination of Achillea millefolium and Crataegus oxyacantha on oxidative stability of stored poultry meat. Journal of Animal and Feed Sciences. 2011;(20):236-245. DOI: https://doi.org/10.22358/jafs/66181/2011.

97. Fennema O.R. Food chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1996.1067 p.

98. Houlihan C.M., Ho C.T., Chang S.S. Elucidation of the chemical structure of a novel antioxidant, rosmaridiphenol, isolated from rosemary. J Am Oil Chem Soc. 1984;(61):1036-1039. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02636212.

99. Nakatani N, Inatani R. Two antioxidant diterpenes from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) and a new revised structure for rosmanol. Agric Biol Chem. 1984;(48):2081-2085. DOI: 10.1271/bbb1961.48.2081.

100. Botsoglou N.A., Govaris A., Giannenas I., Botsoglou E., Papageorgiou G. The incorporation of dehydrated rosemary leaves in the rations of turkeys and their impact on the oxidative stability of the produced raw and cooked meat. Int J Food Sci Nutr. 2007;(58):312-20. DOI: https://doi.org/10.1080/09637480701228583.

101. Mielnik M.B., Aaby K., Skrede G. Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. Meat Sci. 2003;(65):1147-1155. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00345-5.

102. Jaswir I., Man Y.B.C. Use optimization of natural antioxidants in refined bleached, and deodorized palm olein during repeated deep-fat frying using response surface methodology. J Am Oil Chem Soc. 1999;(76):341-348. DOI: https://doi.org/10.1007/s11746-999-0241-x.

103. Namiki M. Antioxidant antimutagens in food. Crit Rev Food Sci Nutr. 1990;(29):273-300. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/10408399009527528.

104. De Pinedoa T., Peñalvera A.P., Morales J.C. Synthesis and evaluation of new phenolicbased antioxidants: Structure-activity relationship. Food Chem. 2007;(103):55-61. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.026.

105. Furukawa H, Wieser M, Morita H, Nagasawa T. Microbial synthesis of coniferyl alcohol by the fungus *Byssochlamys fulva* V107. Biosci Biotechnol Biochem. 1999;(63):1141-1142. URL: https://www.research-gate.net/publication/12871326_Microbial_Synthesis_of_Coniferyl_Alcohol_by_the_Fungus_Byssochlamys_fulva_V107.

106. Armitage D.B., Hettiarachchy N.S., Monsoor M.A. Natural antioxidants as a component of an egg albumen film in the reduction of lipid oxidation in Cooked and Uncooked Poultry. J Food Sci. 2006;(67):631-634. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10650.x.

107. Lee K.G., Shibamoto T. Determination of antioxidant potential of volative extracts isolated from various herbs and spices. J Agric Food Chem. 2002;(50):4947-4952. PMID: 12166987.

108. Taha Rababah, Hettiarachchy N.S., Ronny Horax. Total Phenolics and Antioxidant Activities of Fenugreek, Green Tea, Black Tea, Grape Seed, Ginger, Rosemary, Gotu Kola, and Ginkgo Extracts, Vitamin E, and tert -Butylhydroquinone September 2004Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(16):5183-6. DOI: 10.1021/jf049645z.

109. Schilderman P., Vaarwerk F., Lutgerink J.T., Wurff A. van der, Hoor F., Kleinjans J.C.S. Induction of oxidative DNA damage and early lesions in rat gastrointestinal epithelium in relation to prostaglandin H synthase-mediated metabolism of butylated hydroxyanisole. Food Chem Toxicol. 1995;(33):99-109. PMID: 7868004.

110. Сычева О.В., Веселова М.В., Кононова Л.В. От безопасности молока-сырья - к безопасности молочных продуктов. Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке: сборник научных статей. Сост. Щербаков Н.А. Соленое Займище: ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016. С. 555-558. Режим доступа: http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik_po_itogam_kruglogo_stola_25_iyulya_2016.pdf.

Sycheva O.V., Veselova M.V., Kononova L.V. *Ot bezopasnosti moloka-syr'ya – k bezopasnosti molochnykh produktov*. [From the safety of raw milk to the safety of dairy products]. *Formirovanie i razvitie sel'skokhozyaystvennoy nauki v XXI veke: sbornik nauchnykh statey*. *Sost. Shcherbakov N.A.* [Formation and development of agricultural science in the XXI century: collection of scientific articles. Compiled by Shcherbakov N.A.]. *Solenoe Zaymishche: FGBNU «PNIIAZ»,* 2016. pp. 555-558. (In Russ.). URL: http://pniiaz.ru/d/778105/d/sbornik_po_ itogam_kruglogo_stola_25_iyulya_2016.pdf

111. Bogatirev A.B., Emelyanov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. New Principles For Ensuring The Biological Safety Of Raw Materials And Products Of Animal Origin. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018;9(5):1106-1109 URL: https://www.rjpbcs.com/pdf/2018_9(5)/%5B138%5D.pdf.

112. Salami S., Guinguina A., Agboola J., Omede A., Agbonlahor E., Tayyab U. (2016). Review: In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: A review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. Animal. 2016;10(8):1375-1390. DOI: 10.1017/S1751731115002967.

Поступила: 06.03.2019 Принята к публикации: 02.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Остапчук Павел Сергеевич, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5156-9705**, e-mail: ostapchuk_p@niishk.ru.

Зубоченко Денис Викторович, научный сотрудник лаборатории генетики, протеомики и биоинформатики ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4054-7145**, e-mail: denis.zubochenko@mail.ru.

Куевда Татьяна Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБНУ "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма", ул. Киевская, д. 150, г. Симферо-поль, Республика Крым, Российская Федерация, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0055-8605**, e-mail: green28t@yandex.ru.

Received: 06.03.2019 Accepted for publication: 02.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Pavel S. Ostapchuk, PhD in Agricultural sciences, leading researcher of the Laboratory for Research of Techniques in Animal Husbandry and Plant Growing of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street, 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5156-9705**, e-mail: ostapchuk_p@niishk.ru.

Denis V. Zubochenko, researcher of the Laboratory of Genetics, Proteomics and Bioinformatics of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street, 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4054-7145**, e-mail: denis.zubochenko@mail.ru.

Tat'yana A. Kuevda, junior researcher, Laboratory for Research of Techniques in Animal Husbandry and Plant Growing of Research Institute of Agriculture of Crimea, Kievskaya Street 150, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295493, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0055-8605**, e-mail: green28t@yandex.ru.

РАСТЕНИЕВОДСТВО / PLANT GROWING

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125
УДК 633.13:631.559:631.529 (470.342)

(cc) BY

Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области

© 2019. О.А. Жуйкова, Г.А. Баталова
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Исследования выполнены в период с 2015 по 2018 год. В условиях Кировской области изучено 25 линий и сортов овса голозерного питомника конкурсного испытания. Выявлена высокая достоверная корреляция признаков «урожайность» и «гидротермический коэффициент» (r = 0,72). Выделены перспективные линии, достоверно превысившие стандарт – сорт Вятский по урожайности: 14h12o, 11h12o, 21h12o, 12h12, 63h11, 42h12o, 31h12, 54h11, 37h12 и сорт Бекас. Методом двухфакторного дисперсионного анализа выявлено достоверное влияние факторов и их взаимодействия на урожайность линий голозерного овса. Влияние года составило 31,6%, генотипа – 15,2% от общего фенотипического варьирования признака. Расчет значений пластичности (b_i) и стабильности (S^2_i) позволил выделить линии с большей пластичностью: 14h12o, 11h12o, 21h12o, 12h12, 1h07, 72h11, 63h11, 42h12o, 31h12, 54h11 (b_i = 1,09...1,53). Слабая реакция на изменение условий среды отмечена у 114h12, 4h12, 100h12 и сорта Першерон (b_i = 0,30...0,58). Лучшим по показателю стабильности были 102h13 и сорт Першерон (S^2_i = 0,15) По индексам условий среды лучшие складывались в 2015 г. и 2017 г. (I_j = +0,41 и I_j = + 0,69). Худшие условия для роста и развития овса сложились в 2016 г. (I_j = -1,06). Установлена достоверная средняя корреляционная зависимость между урожайностью зерна и пластичностью (r = 0,423), урожайностью зерна и стабильностью (r = 0,417). Расчет коэффициента вариации показал высокое варьирование признаков: «количество зерен с метелки», «масса зерна с метелки», «масса зерна с растения», «выход зерна». Менее вариабельными признаками были «масса 1000 зерен» и «продуктивная кустистость». Таким образом, выделены перспективные урожайные линии голозерного овса 11h12o, 21h12o, 37h12o и 63h11, сочетающие высокую пластичность и среднюю стабильность основных элементов структуры продуктивности.

Ключевые слова: *овес, урожайность, пластичность, стабильность, индекс условий среды*

Для цитирования: Жуйкова О.А., Баталова Г.А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):118-125. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125

Благодарности: Исследования выполнены в рамках государственного задания (тема НИР №0767-2018-0005)

Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region

© 2019. Oksana A. Zhuikova, Galina A.Batalova
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The studies were carried out in 2015-2018. In the conditions of the Kirov region 25 lines and varieties of naked oat were studied in competitive test nursery. High significant correlation between "productivity" and "hydrothermal coefficient" traits was revealed (r = 0.72). Lines 14h12o, 11h12o, 21h12o, 12h12, 63h11, 42h12o, 31h12, 54h11, 37h12, and variety Bekas were selected, as they significantly exceeded standard variety Vyatsky by yield productivity. Two-factor analysis of variance (ANOVA) revealed significant influence of factors and their interaction on productivity of naked oat lines. The influence of the year was 31.6% and the genotype influence amounted to 15.2% of the trait general phenotypical variability. Calculation of values of plasticity (b_i) and stability (S^2_i) allowed to select lines with higher plasticity: 14h12o, 11h12o, 21h12o, 12h12, 1h07, 72h11, 63h11, 42h12o, 31h12, 54h11 (b_i = 1.09...1.53). Weak response to changes in environment conditions was observed in lines 114h12, 4h12, 100h12 and in Persheron variety (b_i = 0.30...0.58). Line 102h13 and Persheron variety were the most stable (S^2_i = 0.15). The best conditions according to the indexes of environment conditions were in 2015 and 2017 (I_j = 0.41 and 0.69). The worst conditions for oat growth and development were in 2016 (I_j = -1.06). A significant middle correlation dependence between grain productivity and plasticity (r = 0.423), grain productivity and stability (r = 0.417) was established. The calculation of variation coefficient showed a high variation of the following traits: "number of grains per panicle", "grain mass per panicle", "grain mass per plant", "yielding of grain ". The traits "1000 grain mass" and "productive tilling capacity " were less variable. Therefore, the perspective high-yield lines of naked oat 11h12o, 21h12o, 37h12o and 63h11 combining high plasticity and middle-level stability of basic elements of productivity structure have been selected.

Key words: *oat, productivity, plasticity, stability, index of environment conditions*

For citation: Zhuikova O.A., Batalova G.A. Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):118-125. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125.

Высокий интерес к выращиванию голозерного овса для переработки на пищевые и кормовые цели связан с уникальностью его зерна – повышенное содержание белка, незаменимых аминокислот, жира, токоферолов, стеролов, β-глюканов, авенантрамидов [1]. Условия возделывания овса в Волго-Вятском регионе весьма разнообразны, что оказывает существенное влияние на рост и развитие растений, формирование урожая и качества зерна. Генотип-средовое взаимодействие приводит к смене рангов сортов при их изучении в различных средах [2].

Хотя к почвам овёс малотребователен, его корневая система отличается большей усваивающей способностью, чем у пшеницы и ячменя[1], при этом значительно хуже, чем яровая пшеница и ячмень, овес переносит температурные перепады и нарушение воздушного режима почвы [3].

Урожайность – основной и конечный показатель пригодности сорта для возделывания в производстве. Интенсивные сорта и гибриды, обладая высокой потенциальной урожайностью и отзывчивостью, как показывает практика, оказались слабо защищены собственной устойчивостью от действия абиотических и биотических стрессоров, что приводит к варьированию урожайности. Данную проблему может решить селекция пластичных сортов без значительной потери продуктивности при возделывании их в неблагоприятных почвенно-климатических условиях [4]. В связи с этим актуально определение уровня адаптивного потенциала генотипов в различных средовых условиях. Лучшими являются генотипы, которые имеют минимальное взаимодействие со средой и высокую стабильность признака [5].

Создать перспективные сорта позволяет целенаправленный отбор пластичных селекционных линий, способных минимально реагировать на изменение гидротермического режима и других экологических факторов среды. Для выявления генотипов (сортов), отличающихся широкими адаптационными свойствами к конкретным почвенно-климатическим условиям региона и отвечающих требованиям современного производства, первостепенное значение имеет их всестороннее изучение [6]. Особенностью селекции на адаптивность является контроль экологической пластичности, стабильности и адаптивности сортов. Величина адаптивности служит показателем нормы реакции сортов на факторы внешней среды в каждом конкретном году [7].

Урожайность есть результат сложного взаимодействия «генотип-среда», поэтому ценность сорта определяет не только абсолютная величина урожайности, но и его способность формировать экономически значимую урожайность в изменяющихся условиях выращивания [8]. Урожайность и ее стабильность – наиболее важные показатели, учитываемые при допуске селекционного достижения в производство, поэтому задачей современных селекционных программ является создание экологически пластичных сортов, обеспечивающих высокую стабильную урожайность вне зависимости от лимитов окружающей среды [9].

Цель исследований – проанализировать сорта овса голозерного питомника конкурсного испытания и выделить перспективные с высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям.

Материал и методы. На опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2015-2018 гг. изучено 25 линий и сортов овса голозерного питомника конкурсного испытания на делянках с учетной площадью 10 м^2 по предшественнику чистый пар, с нормой высева 6 млн всхожих зерен на гектар. Исследования проведены в соответствии с методикой госсортоиспытания[2], оценка генотип-средового взаимодействия и экологической пластичности, расчет гидротермического коэффициента (ГТК) по соответствующим методикам[3,4] [10]. Для обработки результатов исследований применяли пакет селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS, версия 2.07 и пакет прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия 2015-2018 гг. значительно различались по увлажнению и температурному режиму. Вегетационный период 2015 г. характеризовался достаточным увлажнением и повышенной температурой (ГТК = 1,34). Средняя урожайность по линиям и сортам составила 3,3 т/га. Засуху средней силы в 2016 г. отмечали в критический по потреблению влаги овсом период от всходов до цветения (ГТК = 0,62).

[1]Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. М.: Колос, 2002. 584 с.
[2]Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985. 230 с.
[3]Плохинский Н.А. Биометрия. Новосибирск, 1961. 364 с.
[4]Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165-177.

В результате закладки малого количества цветков и последующей стерилизации их части на фоне повышенных температур в период цветения наблюдали резкое снижение урожайности, средний показатель составил 1,8 т/га. Обильные дожди и недостаток эффективных температур вегетационного периода 2017 г. (ГТК = 2,27) привели к удлинению прохождения фаз развития и полеганию посевов, но это не повлияло так негативно на урожайность, как засуха 2016 г. Средняя урожайность составила 3,4 т/га. В 2018 г. условия роста и развития овса были значительно благоприятнее для культуры, чем в 2017 и 2016 гг. (ГТК = 1,66) и обеспечили среднюю по сортам урожайность 3,6 т/га.

Выявлена высокая достоверная корреляция признаков «урожайность» и «гидротермический коэффициент» (r = 0,72). Нестабильность погодных условий как в различных зонах возделывания, так и по годам в пределах одной зоны, вызывает необходимость проведения экологического сортоиспытания [11]. Селекция растений тесно связана с экологией и агроклиматологией. Существование какого-либо генотипа немыслимо вне определенной среды. Генотип находится в конкретной среде и взаимодействует с ней, в результате отмечают взаимодействие «генотип-среда» [12].

По результатам исследований конкурсного сортоиспытания выделены перспективные линии, достоверно превысившие стандарт сорт Вятский по урожайности: 14h12o, 11h12o, 21h12o и др. (табл. 1). При этом показатели урожайности имели высокий уровень варьирования по годам.

Таблица 1 / *Table 1*

Урожайность линий и сортов овса голозерного конкурсного сортоиспытания (2015-2018 гг.) / Productivity of lines and varieties of naked oat in competitive varietal test (2015-2018)

Линия, сорт / Line, variety	*Средняя урожайность зерна / Average grain yield*		*Коэффициент вариации (V), % / coefficient of variation (V), %*
	($\bar{x}$), т/га / t/ha	*± к стандарту / ± to standard*	
Вятский, стандарт/ Vyatsky, standard	2,66	-	30,8
14h12o	3,07	+0,41	38,6
11h12o	3,05	+0,39	34,3
21h12o	3,21	+0,55	27,1
12h12	3,07	+0,41	31,8
63h11	3,74	+1,08	31,2
42h12o	3,24	+0,58	37,9
31h12	3,14	+0,48	28,7
54h11	3,11	+0,45	37,5
37h12o	3,61	+0,95	26,1
Бекас/ Bekas	3,84	+1,18	23,6
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	-	0,39	-

Методом двухфакторного дисперсионного анализа выявлено достоверное влияние факторов и их взаимодействия на урожайность голозерного овса. Влияние фактора В (год) составило 31,6%, тогда как влияние генотипа в 2 раза меньше – 15,2% от общего фенотипического варьирования признака (табл. 2). Высокий вклад взаимодействия факторов А×В (53,2%) свидетельствует о том, что повышение урожайности возможно при использовании адаптивных сортов.

Коэффициент линейной регрессии (b_i) характеризует пластичность сорта, позволяет определить насколько генотип изменяет признак при улучшении или ухудшении комплекса условий вегетации. Наибольшей отзывчивостью на изменение погодных условий характеризовались линии, существенно превысившие стандарт сорт Вятский по урожайности: 14h12o, 11h12o, 21h12o, 12h12, 1h07, 72h11, 63h11, 42h12o, 31h12, 54h11 (b_i = 1,09...1,53) (табл. 3). Данным генотипам необходим высокий уровень агротехники. Слабая реакция на изменение условий среды отмечена у линий 114h12, 4h12, 100h12 и сорта Першерон (b_i = 0,30...0,58) со средней по годам урожай-

ностью на уровне или несколько ниже стандарта (+0,14...-0,29 т/га). В случае изменения условий выращивания их урожайность существенно не изменится.

Таблица 2/ Table 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности 25 линий и сортов овса голозерного питомника конкурсного сортоиспытания (2015-2018 гг.) /
Results of two-way ANOVA of productivity of 25 lines and varieties of naked oat in nursery of competitive varietal test (2015-2018)

Источник варьирования / Source of variation	*SS*	*df*	*ms*	*F*	*HCP_{05} / LSD_{05}*	*Доля влияния фактора, % / Part of factor influence, %*
Общее / Total	214,3	251	-	-	-	100
Блоки / Blocks	0,25	2	0,12	2,1	-	0,1
Варианты / Variants	204,6	83	2,46	43,53*	0,38	95,5
Фактор А (линия, сорт) / Factor A (line, variety)	31,1	20	1,55	27,44*	0,19	15,2
Фактор В (год) / Factor B (year)	64,7	3	21,55	380,6*	0,08	31,6
Взаимодействие АхВ / AxB interaction	108,9	60	1,81	32,04*	0,38	53,2
Случайные отклонения / Error	9,4	166	0,06	-	-	4,4

* статистически значим при уровне вероятности $P \geq 0,95$ / * *statistically significant at $P \geq 0.95$*

Таблица 3 / Table 3

Характеристика линий овса голозерного по адаптивным свойствам (2015-2018 гг.) /
Characteristics of naked oat lines on adaptive features (2015-2018)

Линия, сорт / Line, variety	b_i	S^2_i	*Характеристика сорта / Varietal characteristics*
Вятский, стандарт/ Vyatsky, standard	1,05	0,56	Средняя пластичность, низкая стабильность / Average plasticity, low stability
14h12o	1,46	0,73	Высокая пластичность, низкая стабильность / High plasticity, low stability
11h12o	1,32	0,66	
21h12o	1,46	0,73	
12h12	1,19	0,59	
63h11	1,53	0,77	
42h12o	1,44	0,72	
31h12	1,17	0,58	
54h11	1,17	0,59	
37h12o	0,94	0,47	Высокая пластичность, средняя стабильность / High plasticity, middle stability
Бекас / Bekas	0,71	0,35	Средняя пластичность, средняя стабильность / Middle plasticity, middle stability

Совокупность индексов условий среды (Ij) характеризует изменчивость условий, в которых выращивали сорта. По годам индекс изменялся от -1,06 до +0,69. Положительное значение данного индекса наблюдают при более полной реализации потенциальных возможностей генотипов в данных условиях, а высокие отрицательные индексы являются следствием низкого адаптивного потенциала изученных генотипов. В исследованиях лучшие условия складывались в 2015 г. и 2017 г. Индексы условий среды составили соответст-

венно Ij = +0,41 и Ij = + 0,69. Средняя урожайность в эти годы была на уровне 3,3-3,4 т/га. Худшие условия для роста и развития овса голозерного сложились в 2016 г. (Ij = -1,06), что отразилось на урожайности (1,8 т/га). В 2018 г. индекс условий среды был близок к нулю (Ij = -0,04), год характеризовался типичными условиями для региона, средняя урожайность составила 3,6 т/га. Таким образом, значения индекса условий среды согласуются со значениями гидротермических коэффициентов.

По величине дисперсии отклонения от линии регрессии (S^2_i) определяли стабильность сорта. Лучшим по показателю S^2_i были 102h13 и Першерон (S^2_i = 0,15). Отмечено, что линии с более высоким уровнем урожайности по данным показателям в разрезе лет изучения были менее всего стабильны. Средняя стабильность отмечена у 37h12o и Бекас. Установлена достоверная средняя корреляционная зависимость между урожайностью зерна и пластичностью (r = 0,423), урожайностью зерна и стабильностью (r = 0,417). Стандарт Вятский проявил среднюю пластичность и низкую стабильность урожайности.

Урожайность зерна сорта складывается из отдельных селекционно-значимых признаков, таких как количество зерен в метелке, масса зерна метелки, масса зерна с растения, масса 1000 зерен и других.

Стабильность и нестабильность этих признаков оценивали по коэффициентам корреляции при определении взаимодействия «генотип-среда» [13]. При этом, чем ближе коэффициент корреляции признака к нулю, тем отчетливее выражено это взаимодействие, при приближении коэффициента корреляции к 1, признак можно считать стабильным. Отмечены слабые и средние межсезонные корреляции (r = 0,01...0,55) по всем изученным признакам, определяющим урожайность (табл. 4).

Таблица 4 / Table 4

Взаимодействие генотип – среда по урожайности и элементам ее структуры у голозерного овса / Genotype-environment interaction on productivity and its structure elements in naked oat

Показатель / Trait	*Коэффициенты корреляции (r) за годы исследований / Correlation coefficients (r) for years of investigations*					
	2015 и / and 2016	*2015 и / and 2017*	*2015 и /and 2018*	*2016 и / and 2017*	*2016 и / and 2018*	*2017 и / and 2018*
Урожайность зерна / Grain yield	0,06	0,55*	0,41	0,29	-0,11	0,27
Количество зерен с метелки / Number of grain per panicle	0,08	0,00	-0,20	0,22	0,45*	0,37
Масса зерна с метелки / Grain mass per panicle	0,01	0,35	-0,06	0,34	0,41	0,34
Масса 1000 зерен / 1000-grain mass	0,38	-0,29	0,31	0,00	0,48*	-0,13
Выход зерна ($К_{хоз}$) / Yielding of grain	0,20	0,41*	0,14	-0,03	0,34	0,22

* статистически значим при уровне вероятности P≥0,95 / ** statistically significant at P ≥ 0.95*

Исследования Н.М. Комарова и Е.В. Дружининой (2008) [14] показали, что изменение коэффициентов корреляции детерминируется индивидуальной реакцией генотипов на смену лимитирующих факторов. В наших исследованиях сопряженность показателей «урожайность зерна» и «выход зерна» была существенной лишь между 2015 г. и 2017 г., «масса 1000 зерен» и «количество зерен с метелки» – между 2016 г. и 2018 г. В остальных парах наблюдали несущественную зависимость.

В исследованиях определяли коэффициент вариации как наиболее простой критерий для оценки стабильности генотипа. Высокое варьирование проявили признаки: «количество зерен с метелки», «масса зерна с метелки», «масса зерна с растения», «выход зерна». Менее вариабельными признаками были «масса 1000 зерен» и «продуктивная кустистость» (табл. 5). Коэффициент вариации составил менее 20% для этих признаков соответственно у 80 и 60% генотипов. Незначительный или слабый уровень вариабельности по признаку «продуктивная кустистость» наблюдали только у линий 12h12, 157h13, 45h12o и сорта Вятский. Полученные результаты согласуются с данными М.В. Кузенко и Г.Н. Гудковой [15], которые отмечали самый большой процент взаимодействия генотипа и среды для признака «кустистость» (69%).

Таблица 5 / Table 5

**Изменчивость основных хозяйственно ценных признаков овса за 2015-2018 гг. /
Variation of the main economically valuable traits in oat 2015-2018**

Признак / Trait	*Коэффициент вариации, (V) % / Coefficient of variation (V), %*	*Сорта, проявившие наибольшую выравненность соответствующего признака / Varieties having the highest uniformity of a relevant trait*
Урожайность / Productivity	14-42	102h13, 153h13, 4h12
Количество зерен с метелки / Number of grain per panicle	18-53	11h12o, 21h12o, 1h07, Першерон / Persheron
Масса зерна с метелки / Grain mass per panicle	17-56	4h12, 37h12o
Масса зерна с растения / Grain mass per plant	15-73	4h12, 37h12o
Масса 1000 зерен / 1000-grain mass	7-25	11h12o, 21h12o, 1h07, 21h12, Першерон, Вятский и др./ Persheron, Vyatsky et al.
Выход зерна / Yielding of grain	7-60	11h12o, 1h07, 21h12o, 63h11,42h12o, Першерон, Вятский / Persheron, Vyatsky
Продуктивная кустистость / Productive tilling capacity	5-26	12h12, 157h13, 42h12o, 45h12o, Вятский / Vyatsky

Выводы. С применением минимального набора показателей оценки среднего уровня урожайности, параметров пластичности и стабильности в варьирующих условиях окружающей среды выделены перспективные урожайные линии голозерного овса 11h12o, 21h12o, 37h12o и 63h11, сочетающие высокую пластичность и среднюю стабильность основных элементов структуры продуктивности. Данные линии могут быть использованы в качестве самостоятельных сортов и источников в селекции. Наиболее стабильными были признаки «масса 1000 зерен» и «продуктивная кустистость». Установлена высокая достоверная зависимость (r = 0,72) урожайности от агроклиматических ресурсов в период вегетации (ГТК).

Список литературы

1. Лоскутов И.Г. Овес (Avena L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность. СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2007. 335 с. Режим доступа: https://www.twirpx.com/file/2055290/.

2. Сапега В.А. Урожайность, реализация ее потенциала и адаптивность сортов яровой пшеницы. Достижения науки и техники АПК. 2017; 31(10):49-52. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=32301698.

3. Мусатов А.Г., Семяшкина А.А., Дашевский Р.Ф. Факторы оптимизации формирования продуктивности растений и качества зерна ярового ячменя и овса // Хранение и переработка зерна. 2003;(6):16-19.

4. Grebennikova I.G., Aleynikov A.F., Stepochkin P.I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale. Bulgarian J. Agricultural Science. 2011;17(6):755-759. Режим доступа: http://www.sorashn.ru/fileadmin/sibfti/docs/Diallel.pdf.

5. Wricke G. Uber eine Methode zur Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldversuchen. Z. Pflanzenzuchtuung, 1962;47:92-96.

6. Шевченко В.Е., Бочарникова О.Г., Горбунов В.Н. Экологическое сортоиспытание озимых форм тритикале в условиях каменной степи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014;(3(42)):41-46. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=23021764.

7. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-adaptivnosti-v-selektsii-zernovyh-kultur.

8. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., de Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. Semina: Ciencias Agrarias, Londrina. 2017;38(3):1241-1250. Режим доступа: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/26106.

9. Des Marais DL, Hernandez KH, Juenger TE. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. Annu Rev Ecol Evol Syst. 2013;44:5-29. Режим доступа: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Genotype-by-environent%20interaction%20and%20plasticity%3A%20exploring%20genomic%20responses%20of%20plants%20to%20the%20abiotic%20environment&aut

hor=DL.%20Des%20Marais&author=KH.%20Hernandez&author=TE.%20Juenger&journal=Annu%20Rev%20Ecol%20Evol%20Syst&volume=44&pages=5-29&publication_year=2013

10. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. 1984;19(4):109-113.

11. Кудрявцев А.Н. Экологическое сортоиспытание вики посевной в условиях Орловской области. Зернобобовые и крупяные культуры. 2014;(3(11)):45-47. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sortoispytanie-viki-posevnoy-v-usloviyah-orlovskoy-oblasti.

12. Куркова И.В., Терехин М.В. Оценка экологической пластичности сортов яровой мягкой пшеницы селекции Дальнего Востока. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008;(7(45)):8-11. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskoy-plastichnosti-sortov-yarovoy-myagkoy-pshenitsy-selektsii-dalnego-vostoka.

13. Бебякин В.М., Кулеватова Т.Б., Старичкова Н.И. Методические подходы, методы и критерии оценки адаптивности растений. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2005;5(2):69-71. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=11700278.

14. Комаров Н.М., Дружинина Е.В. О модульной структуре генетической организации количественных признаков у яровой мягкой пшеницы в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Сельскохозяйственная биология. 2008;43(5):22-27. Режим доступа: http://www.agrobiology.ru/5-2008komarov.html.

15. Кузенко М.В. Гудкова Г.Н. Влияние среды и генотипа на элементы структуры урожая озимого тритикале. Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011;(1): 22-26. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=16538018.

Поступила: 12.02.2019 Принята к публикации: 26.03.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Жуйкова Ольга Анатольевна, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, зав. лабораторией, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3290-4827,** e-mail: zhuikova_o@mail.ru,

Баталова Галина Аркадьевна, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, зам. директора, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3491-499X, e-mail: g.batalova@mail.ru

References

1. Loskutov I.G. *Oves (Avena L.*). *Rasprostranenie, sistematika, evolyutsiya i selektsionnaya tsennost'.* [Oat (*Avena* L.). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value.]. Saint-Petersburg: *GNTs RF VIR*, 2007. 335 p. (In Russ.). URL: https://www.twirpx.com/file/2055290/.

2. Sapega V.A. *Urozhaynost', realizatsiya ee potentsiala i adaptiv-nost' sortov yarovoy pshenitsy*. [Productivity, potential realization of spring wheat and its varieties adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2017;31(10):49-52. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32301698.

3. Musatov A.G., Semyashkina A.A., Dashevskiy R.F. *Faktory optimizatsii formirovaniya produktivnosti rasteniy i kachestva zerna yarovogo yachmenya i ovsa.* [Factors of optimization of formation of plant productivity and grain quality in spring barley and oats]. *Khranenie i pererabotka zerna*. 2003;(6):16-19. (In Russ.).

4. Grebennikova I.G., Aleynikov A.F., Stepochkin P.I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale. Bulgarian J. Agricul-tural Science. 2011;17(6):755-759. URL: http://www.sorashn.ru/fileadmin/sibfti/docs/Diallel.pdf.

5. Wricke G. Uber eine Methode zur Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldversuchen. Z. Pflanzenzuchtuung, 1962;47:92-96.

6. Shevchenko V.E., Bocharnikova O.G., Gorbunov V.N. *Ekologicheskoe sortoispytanie ozimykh form tritikale v usloviyakh kamennoy stepi Voronezhskoy oblasti.* [Ecological varietal testing of winter triticale forms under conditions of Kamennaya steppe of the Voronezh region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014;(3(42)):41-46. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23021764.

7. Rybas' I.A. *Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur*. [Increase of adaptability in cereal crops breeding]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2016;51(5):617-626. (In Russ.). URL://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-adaptivnosti-v-selektsii-zernovyh-kultur.

8. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., de Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. Semina: Ciencias Agrarias, Londrina. 2017;38(3):1241-1250. URL: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/26106.

9. Des Marais DL, Hernandez KH, Juenger TE. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. Annu Rev Ecol Evol Syst. 2013;44:5-29. URL: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Genotype-by-environent%20interaction%20and%20plasticity%3A%20exploring%20genomic%20responses%20of%20plants%20to%20the%20abiotic%20environment&author=DL.%20Des%20Marais&author=KH.%20Hernandez&author=TE.%20Juenger&journal=Annu%20Rev%20Ecol%20Evol%20Syst&volume=44&pages=5-29&publication_year=2013.

10. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. *Otsenka ekologicheskoy plastichno-sti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur.* [Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya.* 1984;19(4):109-113. (In Russ.).

11. Kudryavtsev A.N. *Ekologicheskoe sortoispytanie viki posevnoy v usloviyakh Orlovskoy oblasti.* [Ecologic varietal testing of common vetch in conditions of Orel region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2014;(3(11)):45-47. (In Russ.). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sortoispytanie-viki-posevnoy-v-usloviyah-orlovskoy-oblasti.

12. Kurkova I.V., Terekhin M.V. *Otsenka ekologicheskoy plastichno-sti sortov yarovoy myagkoy pshenitsy selektsii Dal'nego Vostoka.* [Evaluation of ecological plasticity of Far East spring soft wheat varieties]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2008;(7(45)):8-11. (In Russ.). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskoy-plastichnosti-sortov-yarovoy-myagkoy-pshenitsy-selektsii-dalnego-vostoka

13. Bebyakin V.M., Kulevatova T.B., Starichkova N.I. *Metodicheskie podkhody, metody i kriterii otsenki adaptivnosti rasteniy.* [Methodological approaches, methods and criteria for assessing plant adaptability]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya.* 2005;5(2):69-71. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=11700278.

14. Komarov N.M., Druzhinina E.V. *O modul'noy strukture geneti-cheskoy organizatsii kolichestvennykh priznakov u yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh zony neustoychivogo uvlazhneniya Tsentral'nogo Predkavkaz'ya.* [On the modular structure of genetic organization of quantitative traits in spring soft wheat in the conditions of zone of unstable moistening of the Central Precaucasus]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2008;43(5):22-27. (In Russ.). URL: http://www.agrobiology.ru/5-2008komarov.html.

15. Kuzenko M.V., Gudkova G.N. *Vliyanie sredy i genotipa na elementy struktury urozhaya ozimogo triticale.* [Effect of environment and genotype on components of the winter triticale yield structure]. *Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta.* 2011;(1): 22-26. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16538018.

Received: 12.02.2019 Accepted for publication: 26.03.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Oksana A. Zhuikova, PhD in Agriculture, senior researcher, head of the laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3290-4827**, e-mail: zhuikova_o@mail.ru.

Galina A. Batalova, DSc in Agriculture, professor, academician of RAS, chief researcher, deputy director, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3491-499X**, e-mail: g.batalova@mail.ru.

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133
УДК 633.16:631.527

(cc) BY

Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя

© 2019. Л.М. Ерошенко[1], М.М. Ромахин[1], А.Н. Ерошенко[1], О.В. Левакова[2], Н.А. Ерошенко[1], И.А. Дедушев[1], В.В. Ромахина[1]

[1]*ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», р.п. Новоивановское, Московская область, Российская Федерация,*

[2] *ИСА-филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», п. Подвязье, Рязанская обл., Российская Федерация*

В селекционной работе в зависимости от направлений использования предъявляются разные, часто диаметрально противоположные требования к оценке качества новых сортов ячменя. Изучение 13 номеров конкурсного сортоиспытания в условиях Московской области в 2013-2018 гг. позволило выявить наиболее перспективные из них, способные формировать зерно с высокими биохимическими и технологическими показателями качества. Для кормового направления наибольшую ценность представляют образцы ячменя с повышенным содержание белка, незаменимой аминокислотой лизин и высоким уровнем обменной энергии в зерне. Установлено, что наибольшее содержание белка (13,9%) и лизина (0,52%) в зерне при урожайности 7,55 т/га в различные по влагообеспеченности годы накапливал новый сорт ячменя Златояр. Зерно голозерной дигаплоидной формы 9 h 1137 обладало оптимальным содержанием питательных веществ: 151 г сырого протеина, 31 г сырого жира, 667 г безазотистых экстрактивных веществ и 18 г клетчатки в 1 кг сухого вещества. Отмечено, что данные сорта характеризовались обменной энергией от 11,39 до 11,82 Мдж в 1 кг корма для КРС и от 13,22 до 14,33 Мдж в 1 кг корма для свиней. Создан ценный селекционный материал для пивоваренного использования, отвечающий международным требованиям качества. Выделен сорт Надёжный и перспективные линии 141/1-09 h 746; 85/1-13 h 1067, 181/3-12 h 897, имеющие высокие значения показателя экстрактивных веществ в зерне (79,9-82,5%). В благоприятных условиях вегетации содержание белка в зерне у них находилось в пределах 10,6-11,2%, что соответствовало высшему баллу по международному стандарту при оценке зерна для солодоращения. В засушливых условиях уровень белковости не превышал 12,4%. Пригодность сортов ячменя для продовольственного использования оценена по технологическим показателям зерна и готового продукта – каши. Лабораторная оценка крупяных качеств ячменя: натура (709-711 г/л), масса 1000 зерен (50,5-51,8 г), стекловидность (42,8-46,2%), выход крупы за 4 минуты (56,5-57,7%), а также цвет готовой каши (4,8-5,0 балл) определила сорта Нур и Златояр как особо ценные для получения ячневой и перловой круп.

Ключевые слова: *селекция, белок, лизин, обменная энергия, экстрактивность, натура, стекловиднось, крупа, каша*

Для цитирования: Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко А.Н., Левакова О.В., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахина В.В. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):126-133. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133

Благодарности: Государственное бюджетное финансирование. Работа проведена в рамках выполнения научно-исследовательских фундаментальных и приоритетных прикладных задач по теме 12. «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно-ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессам».

The assessment of grain quality indicators in spring barley cultivars and lines

© 2019. Lyubov M. Eroshenko[1], Maksim M. Romakhin[1], Anatoly N. Eroshenko[1], Olga V. Levakova[2], Nikolai A. Eroshenko[1], Ivan A. Dedushev[1], Victoria V. Romakhina[1]

[1]*Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Novoivanovskoye settlement, Moscow region, Russian Federation,*

[2]*Institute of seed industry and technology - branch of FSBSI "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Podvyazie, Ryazan region, Russian Federation*

The requirements for assessment of new barley cultivars quality, imposed on plant breeding research, can be very different, even contradictory, depending on the intended use. The study of 13 competitive variety test numbers carried out in Moscow region in 2013-2018 helped to reveal the most promising ones, capable of producing grain with high biochemical and technological quality indicators. The great value for forage use was demonstrated by the samples with a high protein and essential amino acid lysine content as well as a high level of exchange energy in the grain. It has been established that a new forage variety Zlatoyar accumulated the maximum protein content (13.9%) and essential amino acid lysine content (0.52%) with productivity of 7.55 t/ha in different by humidity years. The grain of naked barley dyhaploid form 9h1137 had the optimal nutritious content: 151 g of crude protein, 31 g of crude fat, 667 g of nitrogen-free extractives, and 18 g of cellulose per 1kg of dry mass. It was noted, that those cultivars were characterized by the exchange energy of 11.39-11.82 Mj per 1 kg of cattle forage, and

13.22-14.33 Mj per 1 kg of pig forage. The valuable material for brewery purposes corresponding with the international quality standards has been developed. The Nadezhny variety was selected as well as promising lines 141/1-09 h 746; 85/1-13 h 1067, 181/3-12 h 897, which had a higher content of extractives in the grain (79.9-82.5%). In favorable vegetation conditions, they had grain protein content of 10.6-11.2%, which corresponded with the highest grade of the international standards for malting qualities of grain. In dry vegetation conditions, the protein content did not exceed 12.4%. The edibility characteristics of barley cultivars were evaluated by technological parameters of grain and porridge as a finished product. The laboratory test for the barley groat qualities gave the following results: the grain unit (709-711 gram per liter), 1000 grain mass (50.5-51.8 g), kernel hardness (42.8-46.2%), groat grain output per 4 minutes (56.5-57.7%), the color of finished porridge (4.8-5.0 grades). It helped to identify the Nur and the Zlatoyar varieties as especially valuable for peeled-barley and pearl barley groats.

Key words: *breeding, protein, lysine, exchange energy, extractives content, grain unit, kernel hardness, groat, porridge*

For citation: Eroshenko L.M., Romahin M.M., Eroshenko A.N., Levakova O.V., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Romahina V.V. The assessment of grain quality indicators in spring barley cultivars and lines. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2019; 20(2):126-133. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133.

Яровой ячмень достаточно распространенная и урожайная зерновая культура, используемая на корм сельскохозяйственным животным, для производства пива и крупы. В настоящее время селекция сортов ячменя, связанная с направлением использования продукции, обращена на улучшение кормовых достоинств и технологических свойств, повышение вкусовых качеств и питательности зерна [1].

В большинстве стран мира ячмень рассматривается как источник дешевой энергии среди зерновых культур [2]. С целью повышения белковости и энергетической ценности комбикормов для высокопродуктивного мясного и молочного животноводства перед селекционерами ставится задача выведения и внедрения в производство специальных кормовых сортов с повышенной энергетической ценностью.

В связи с приходом в Россию в 1990-е годы ведущих европейских пивоваренных компаний, ориентированных на сорта западноевропейской селекции и стандарты, принятые Европейской пивоваренной конвенцией (EBC), селекционные программы должны предусматривать создание высокотехнологичных отечественных сортов, отвечающих международным требованиям пивоваренной промышленности [3]. Продовольственное использование ячменя – это не только возросший интерес к здоровому (функциональному) питанию[1], но и важный резерв увеличения площадей и валового сбора культуры в стране. Успешному решению этих задач в большой степени будут способствовать предложенные производству новые высококачественные сорта на кормовые, пивоваренные и крупяные цели.

Цель исследований – выделить из сортов и перспективных линий конкурсного сортоиспытания ярового ячменя лучшие генотипы с высоким содержанием белка, экстрактивностью, стекловидностью и другими важными биохимическими и технологическими показателями для пригодности их на пивоваренные, кормовые или продовольственные цели.

Новизна исследований заключается в получении оригинальных данных по селекционно-ценным признакам сортов ячменя, отражающих их сырьевые достоинства и направления использования.

Материал и методы. Исследования проводили в 2013-2018 гг. на базе ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка». Объекты исследования – 9 перспективных сортов и 4 селекционные линии, созданные методами традиционной селекции и биотехнологии. Для кормового использования стандартным сортом был Яромир, для пивоваренного – Московский 86, для крупяного – Владимир. Статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова[2] с помощью компьютерной программы «DIANA». Биохимические показатели качества зерна ячменя (содержание белка, экстрактивность, содержание лизина, сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги) определяли методом ИК – инфракрасной спектроскопии на приборе Unity Scientific Spectra Star 2400. Расчет обменной энергии в зерне сортов ячменя проводили по методическим указаниям[3]. Изготовление крупы осуществляли на крупорушке SATAKE TM-05.

Метеорологические условия 2013 года в период вегетации ячменя характеризовались

[1]Полноценное питание для ячменя [Электронный ресурс]. URL: http:// infoindustria.com.ua/polnotsennoe pitanie dlya yachmenya. 2016. (дата обращения: 02.02.2019).
[2]Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. С. 222-231.
[3]Кирилов П., Махаев Е.А., Первов Н.Г., Пузанова В.В., Аникин А.С. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ (для крупного рогатого скота, овец и свиней). М.: ООО «Угрешская типография», 2008. 30 с.

повышенной среднемесячной температурой воздуха и обилием выпавших осадков. Распределение осадков по декадам и месяцам было неравномерным и носило аномальный характер.

Вегетационные периоды ячменя в 2014, 2017 гг. отличались резкими колебаниями температуры воздуха и экстремально низким количеством выпавших осадков. В 2015, 2016 гг. рост и развитие ячменя проходили в благоприятных условиях. Вегетационный период был умеренно увлажненным, с равномерным выпадением осадков, комфортной температурой мая и июня, прохладным июлем и августом. Особенностью погодных условий вегетационного периода ячменя 2018 года была майско-июньская засуха, которая повлияла на рост и развитие растений.

Результаты и их обсуждение. Главным критерием питательной ценности фуражного зерна ячменя является повышенное содержание в нем белка и незаменимых аминокислот.

В результате проведенных исследований в различные по влагообеспеченности годы (2016-2018 гг.) среди номеров конкурсного сортоиспытания была выделена группа высокобелковых ячменей с улучшенной кормовой ценностью (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Характеристика высокоурожайных сортов и линий ячменя, выделившихся по кормовым качествам (2016-2018 гг.) /
The characteristic of high-yield barley cultivars and lines, noted by their forage qualities (2016-2018)

Сорт, линия / Cultivar, line	*Урожайность, т/га / Yield, ton/ha*	*Масса 1000 зерен, г / 1000 grain mass, g*	*Устойчивость к полеганию, балл / lodging resistance, grade*	*Содержание белка в зерне, % / Grain protein content, %*	*Сбор белка с 1 га, т/га / Protein harvest from 1 ha, ton/ha*	*Содержание лизина в зерне, % / Grain lysine content, %*	*Сбор лизина с 1 га, т/га / Lysine harvest from 1 ha, ton/ha*
Яромир, ст. / Yaromir, st.	6,41	51,4	8,8	12,9	0,78	0,48	0,03
Прометей / Prometey	6,33	52,2	6,0	13,0	0,76	0,47	0,03
Сударь / Sudar	6,88	50,3	8,8	13,5	0,83	0,50	0,03
Златояр / Zlatoyar	7,55	53,5	8,8	13,9	1,05	0,52	0,04
9 h 1137	5,64	48,0	8,0	13,5	0,76	0,49	0,03
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	0,44	0,7	0,6	0,4	0,18	0,02	-

Согласно полученным данным, наибольшее значение белка (13,9%) и содержание незаменимой аминокислоты лизин в зерне (0,52%) за годы исследования было отмечено у самого крупнозерного сорта Златояр. При средней урожайности 7,55 т/га он обеспечил сбор протеина с гектара в количестве 1,05 т/га и лизина в количестве 0,04 т/га. Сорт Сударь оказался менее продуктивным, однако, на 0,05 т/га превышал стандартный сорт Яромир по сбору белка с гектара. Среди голозерных форм наибольшее содержание белка в зерне в среднем за три года (13,5%) выявлено у дигаплоидной линии 9 h 1137.

Важнейшим фактором, определяющим эффективность использования корма для животных, является оценка его энергетической питательности. Поэтому при нормировании кормления сельскохозяйственных животных большое значение уделяется учету обменной энергии как достаточно простому и объективному методу оценки энергетической ценности корма[4].

[4]Энергетическая оценка питательности кормов [Электронный ресурс]. URL: http: hitagro.ru./energeticheskaya/ocenka/pitatelnosti/kormov. 2013. (дата обращения: 14.12.2018).

Проведенные расчеты на основе биохимического анализа зерна выявили различия между изучаемыми сортами как по содержанию питательных веществ, так и по энергетической питательности корма (табл. 2). По содержанию сырого протеина (156 г) и обменной энергии (11,61-13,59 Мдж) в 1 кг корма среди пленчатых форм выделился сорт Златояр. Зерно ячменя голозерной линии 9 h 1137 характеризовалось повышенным содержанием протеина (151 г/кг), жира (31 г/кг), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) (667 г/кг) и низким количеством клетчатки (18 г/кг). По показателю обменной энергии (11,82-14,33 Мдж) такой ячмень является ценным фуражом для крупного рогатого скота и, особенно, для свиней [4].

Таблица 2 / Table 2

**Питательная ценность сортов и линий ярового ячменя (2016-2018 гг.) /
Forage quality of spring barley cultivars and lines (2016-2018)**

Сорт, линия / Cultivar, line	*Содержание обменной энергии и сырых питательных веществ в 1 кг сухого вещества зерна ячменя / Exchange energy and crude nutrients content per 1 kg of dry barley grain mass*					
	ОЭ, Мдж / EE, Mj		*протеин, г / protein, g*	*клетчатка, г / cellulose, g*	*жир, г / fat, g*	*БЭВ, г / BEV,g*
	для свиней / for pigs	*для КРС / for cattle*				
Яромир, ст. / Yaromir, st.	13,36	11,42	144	42	23	661
Прометей / Prometey	13,22	11,39	146	46	24	654
Сударь / Sudar	13,50	11,55	153	39	25	653
Златояр / Zlatoyar	13,59	11,61	156	37	24	654
9 h 1137	14,33	11,82	151	18	31	667
Среднее / average value	13,60	11,56	150	36	25	657
Стандартное отклонение (σ) / standard deviation	0,38	0,17	4,95	10,83	3,21	5,42

В связи с модернизацией пивоваренной отрасли основным условием востребованности пивоваренного сорта является его широкая адаптация и стабильные параметры качества, соответствующие современным спецификациям как солодовых, так и пивоваренных компаний [5].

Содержание белка в зерне пивоваренного ячменя – один из важнейших показателей химического состава, от уровня которого напрямую зависят качество и количество произведенного солода и пива. Согласно европейским стандартам содержание белка в зерне пивоваренного ячменя должно быть не более 11,5%[5]. Очень важно при этом иметь показатели содержания экстрактивных веществ на уровне 80-82% и массы 1000 зерен в пределах 45-50 г [6].

Результаты анализа зерна изучаемых сортов и линий показали, что в благоприятном 2016 и переувлажненном 2017 годах содержание белка (10,6-11,2%), соответствующее самому высокому баллу согласно европейскому стандарту (EBC 1998 3.3.1), имели селекционные линии 141/1-09 h 746; 85/1-13 h 1067; 181/3-12 h 897 и сорт Надежный (табл. 3).

Многочисленные данные убедительно свидетельствуют о значительном влиянии погодных условий на качество пивоваренного ячменя [7, 8]. Установлено, что любая засуха (воздушная или почвенная) способствует накоплению белка и ухудшению основных химико-технологических показателей качества зерна пивоваренного ячменя [9].

Как правило, в условиях Центральных районов Нечерноземной зоны самый высокий уровень белка отмечается в сухие и очень сухие годы[6].

[5]Haley H. Ozer DPH. Producing Quality Barley for the Malting Industry. pp. 87. [Electronic resource]. URL: http:// digitalcommons.unl. edu/planthealthdoc. (дата обращения 06.02.2019).

[6]Пивоваренный ячмень от сельхозпроизводителя до пивовара – стратегическое планирование и перспективы рынка [Электронный ресурс]. URL: http: barley malt.ru / oliver/balkhausen/alfred/toepfer/pyvjachen/ot/sh proyzvodytelja /do pyvovara. 2012. pdf (дата обращения: 02.02.2019).

Таблица 3 / Table 3

**Показатели качества зерна сортов и линий пивоваренного ячменя (2016- 2018 гг.) /
Brewery barley cultivars and lines grain quality indicators (2016-2018)**

Сорт, линия / Cultivar, line	*Урожайность, т/га / Yield, ton/ha*	*Содержание белка в зерне, % / Grain protein content, %*			*Экстрактивность, % / Extraction ability, %*		
		2016 г.	*2017 г.*	*2018 г.*	*2016 г.*	*2017 г.*	*2018 г.*
Московский 86, ст. / Moskovsky 86, st.	6,55	13,2	12,4	14,1	78,7	81,0	80,6
Надёжный / Nadezhny	6,96	10,6	10,7	12,3	79,9	80,3	81,2
Знатный / Znatny	6,30	11,5	11,6	13,8	80,1	82,0	81,3
181/3-12 h 897	6,41	11,1	11,2	12,4	80,1	80,7	82,5
141/1-09 h 746	6,62	10,8	10,7	12,4	80,6	81,8	82,2
85/1-13 h 1067	6,81	11,0	10,4	12,1	80,4	80,4	82,3
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	0,31	0,7	0,7	1,0	0,7	0,7	0,7

В засушливом 2018 году в среднем содержание белка у сорта Надёжный и выделенных линий находилось на уровне 12,2-12,4%. В такие годы, экстремальные по погодным условиям, даже в странах Западной Европы для использования на пивоваренные цели допускается зерно с содержанием белка до 12,5% [10]. Более высокая белковость зерна 13,8-14,1% зафиксирована у сортов Московский 86 и Знатный. Перспективные пивоваренные сорта характеризовались повышенными значениями показателя экстрактивности в различные годы (79,9-82,5%). Очевидно, что наибольшую ценность для солодоращения представляет сорт Надёжный и селекционные линии 141/1-09 h 746; 85/1-13 h 1067; 181/3-12 h 897, способные более стабильно формировать в условиях Центральных районов Нечерноземной зоны пивоваренную продукцию высокого качества.

Помимо кормовых и пивоваренных достоинств зерна ячменя оценивали его продовольственные качества. Натура и масса 1000 зерен, характеризующие крупность зерна, являются основными показателями качества зерна как сырья для производства крупяных продуктов. По данным В.С. Иунихиной и М.А. Вайтаниса[7], указанные параметры значительно влияют на выход готовой крупы. У сортов Надёжный, Златояр и Знатный натура зерна составляла 711-720 г/л. Наибольшую массу 1000 зерен (50,5-51,8 г) в течение пяти лет имели сорта Владимир, Нур и Златояр (табл. 4).

Таблица 4 / Table 4

**Крупяные качества зерна сортов ярового ячменя (2013-2017 гг.) /
Groat qualities of spring barley cultivars (2013-2017)**

Сорт / Cultivar	*Натура, г/л / grain unit, g/litre*	*Масса 1000 зерен, г / 1000 grain mass, g*	*Стекловидность, % / kernel hardness, %*	*Выход крупы за 4 мин, % / groat output per 4 minutes, %*	*Цвет каши, балл / color porridge, grade*
Владимир, ст. / Vladimir, st.	703	50,5	40,2	57,0	3,6
Яромир / Yaromir	699	48,8	34,6	52,7	4,6
Нур / Nur	709	50,5	42,8	57,7	5,0
Надёжный / Nadezhny	714	47,0	39,8	57,6	4,0
Златояр / Zlatoyar	711	51,8	46,2	56,5	4,8
Знатный / Znatny	720	49,4	27,4	56,6	3,6
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	6,2	1,3	3,1	0,3	1,6

[7]Иунихина В.С., Вайтанис М.С.. Влияние физико-механических свойств зерна ячменя на выход перловой крупы // Портал «Хранение и переработка зерна». 2018. [Электронный ресурс]. URL: http: hipzmag. com/tehnologii/pererabotka (дата обращения 12.07.2018).

Использование ячменя на продовольственные цели тесно связано с микроструктурой эндосперма, дифференцирующей сорта на твердые и мягкие формы [10, 11]. Крупное зерно и более высокие показатели стекловидности (42,8-46,2%), характеризующие степень твердозерности текстуры эндосперма, определили наибольший выход ячневой крупы высокого качества из зерна сортов Нур и Златояр.

Для производства перловой крупы предпочтительно менее твердое зерно с более низкими значениями показателя стекловидности. Лучшие сорта таких ячменей можно использовать как в крупяной, так и пивоваренной промышленности. Показатель «выход крупы за 4 мин.», соответствующий 56,6 и 57,6% при стекловидности 27,4-39,8%, характеризовал высокие потенциальные возможности зерна пивоваренных сортов Надёжный и Знатный для изготовления перловой крупы.

В то же время основным условием получения перловой крупы с высокими потребительскими достоинствами является высокая оценка цвета (не менее 4,5 балла) готовой каши. Сорта Надёжный и Знатный характеризовались относительно низким значением этого показателя, очень важного для включения новых сортов в Госреестр, в список ценных по качеству.

Светло-кремовый цвет каши сваренной крупы, соответствующий 4,6-5,0 баллам, в годы исследований имели сорта Яромир, Нур и Златояр, наиболее пригодные для производства перловой крупы.

Выводы. В результате биохимической и технологической оценки селекционного материала ярового ячменя выделена группа сортов и перспективных линий с улучшенными показателями качества зерна. Наибольшей питательной ценностью обладало зерно кормового сорта Златояр и дигаплоидной линии 9 h 1137. Показатели содержания белка и экстрактивности в различные по влагообеспеченности годы свидетельствуют о высоком уровне пивоваренных достоинств сорта Надёжный и перспективных линий 181/3-12 h 897, 141/1-09 h 746, 85/1-13 h 1067. Лучшими сортами для получения ячневой и перловой крупы признаны сорта Нур и Златояр, имеющие оптимальные технологические свойства зерна.

Список литературы

1. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Терновая Е.А., Витковская А.С., Дорошенко Э.С. Скрининг сортов ярового ячменя, различных по эколого-географическому происхождению. Зерновое хозяйство России. 2017;(5):43-51. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=32257654.

2. Зубкович А.А., Гриб С.И. Современное состояние и приоритетные направления селекции ячменя для условий республики Беларусь // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. Минск: НВЦ Минфина, 2017. С. 220-223. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30116047.

3. Ерошенко Л.М., Ерошенко Н.А., Ромахин М.М., Гладышева О.В., Левакова О.В. Продуктивность и качество пивоваренных сортов ярового ячменя в Центральном регионе Российской Федерации. Вестник РАСХН. 2015;(2):40-43. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=29385635.

4. Кущеева О.В. Голозерный ячмень в технологии откорма свиней. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015;(1(123)):103-106. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=22625770.

5. Kunze W., Hendel O. Technologie Brauer und Mälzer. VLB Berlin, 2016. 1000 s. URL: https://www.vlb-berlin.org/verlag/kunze.

6. Khokonova M.B., Karashaeva A.S., Zavalin A.A. Quality of brewing malt depending on the storage conditions of barley. Russian Agricultural Scences. 2015;41(6):488-491. URL: https://link.springer.com/article/10.3103/S1068367415060099.

7. Земляникина Ю.Н., Столпивская Е.В., Шиповалова А.В. Изучение исходного материала ярового ячменя в селекционном процессе. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017;(11):75-77. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30725237.

8. Van Lonkhuijsen H.J., Douma A.C., Angelin S.A.G.E. Evaluation of malting barley quality assessment system. Journal of the American Society of the Brewing Chemist. 1998;(56(3)):7-11. URL: http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-tekhnologicheskikh-priemov-i-kriteriev-otsenki-kachestva-pri-proizvodstve.

9. Глуховцев В.В., Санина Н.В. Эффективность листовых подкормок в аридных условиях Среднего Поволжья при возделывании ярового ячменя. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016;(4(60)):40-42. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26586307.

10. Анисимова Л.В., Выборнов А.А. Технологические свойства зерна ячменя при переработке в крупу и муку. Ползуновский вестник. 2013;(4-4):151-155. Режим доступа: https://elib.altstu.ru›journal/show/103178.

11. Васько Н.И., Козаченко М.Р., Солнечный П.Н., Солнечная О.В., Важенина О.Е., Зимогляд А.В., Шелякина Т.А. Стекловидность эндосперма и содержание белка в зерне сортов пленчатого и голозерного ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018;(4(28)):94-102. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/steklovidnost-endosperma-i-soderzhanie-belka-v-zerne-sortov-plenchatogo-i-golozernogo-yachmenya.

Поступила: 20.02.2019 Принята к публикации: 29.03.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Любовь Михайловна Ерошенко, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8513-6665**, e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru,

Анатолий Николаевич Ерошенко, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1468-4207**, e-mail: anatolyeroshenko@yandex.ru,

Максим Михайлович Ромахин, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5691-1020**, e-mail: rmax1@ya.ru,

Николай Анатольевич Ерошенко, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6971-957X**,

Ольга Викторовна Левакова, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ИСА-филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая, д. 1, п. Подвязье, Рязанский р-н, Рязанская обл., Российская Федерация, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5400-669X**, e-mail: levakova.olqa@mail.ru,

Иван Александрович Дедушев, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5059-9299**, e-mail: ivan.dedushev@yandex.ru,

Виктория Валерьевна Ромахина, младший научный сотрудник**,** ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9996-4998,** e-mail: 79206175784@yandex.ru

References

1. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Ternovaya E.A., Vitkovskaya A.S., Doroshenko E.S. *Skrining sortov yarovogo yachmenya, razlichnykh po ekologo-geograficheskomu proiskhozhdeniyu*. [Screening of spring barley cultivars of different eco-geographical origin]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2017;(5):43-51. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32257654.

2. Zubkovich A.A., Grib S.I. *Sovremennoe sostoyanie i prioritetnye napravleniya selektsii yachmenya dlya usloviy respubliki Belarus'*. [The current state and priorities for barley selection in Belarus]. *Strategiya i prioritety razvitiya zemledeliya i selektsii polevykh kul'tur v Belarusi: materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 90-letiyu so dnya osnovaniya RUP «Nauchno-prakticheskiy tsentr NAN Belarusi po zemledeliyu»*. [Strategy and priorities of agricultural development and crop selection in Belarus; Proceedings of International scientific and practical Conference, dedicated to 90th anniversary of RUP «Scientific and Practical Center NAN of Belorussia in soil management»]. Minsk: *NVTs Minfina*, 2017. pp. 220-223. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30116047.

3. Eroshenko L.M., Eroshenko N.A., Romakhin M.M., Gladysheva O.V., Levakova O.V. *Produktivnost' i kachestvo pivovarennykh sortov yarovogo yachmenya v Tsentral'nom regione Rossiyskoy Federatsii*. [Productivity and quality of brewery spring barley cultivars in Russia Central Region]. *Vestnik RASKhN*. 2015;(2):40-43. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29385635.

4. Kushcheeva O.V. *Golozernyy yachmen' v tekhnologii otkorma sviney*. [Naked barley in pig fattening technology]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015;(1(123)):103-106. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22625770.

5. Kunze W., Hendel O. Technologie Brauer und Mälzer. VLB Berlin, 2016. 1000 s. URL: https://www.vlb-berlin.org/verlag/kunze.

6. Khokonova M.B., Karashaeva A.S., Zavalin A.A. Quality of brewing malt depending on the storage conditions of barley. Russian Agricultural Scences. 2015;41(6):488-491. URL: https://link.springer.com/article/10.3103/S1068367415060099.

7. Zemlyanikina Yu.N., Stolpivskaya E.V., Shipovalova A.V. *Izuchenie iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya v selektsionnom protsesse.* [The study of original material of spring barley in selection process]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2017;(11):75-77. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30725237.

8. Van Lonkhuijsen H.J., Douma A.C., Angelin S.A.G.E. Evaluation of malting barley quality assessment system. Journal of the American Society of the Brewing Chemist. 1998;(56(3)):7-11. URL: http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-tekhnologicheskikh-priemov-i-kriteriev-otsenki-kachestva-pri-proizvodstve.

9. Glukhovtsev V.V., Sanina N.V. *Effektivnost' listovykh podkormok v aridnykh usloviyakh Srednego Povolzh'ya pri vozdelyvanii yarovogo yachmenya*. [The efficiency of foliage nutrition for spring barley cultivation in arid conditions of Middle Volga Region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;(4(60)):40-42. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26586307.

10. Anisimova L.V., Vybornov A.A. *Tekhnologicheskie svoystva zerna yachmenya pri pererabotke v krupu i muku*. [Technological parameters of barley grain during processing into groat and flour]. *Polzunovskiy vestnik*. 2013;(4-4):151-155. (In Russ.). URL: https://elib.altstu.ru›journal/show/103178.

11. Vas'ko N.I., Kozachenko M.R., Solnechnyy P.N., Solnechnaya O.V., Vazhenina O.E., Zimoglyad A.V., Shelyakina T.A. *Steklovidnost' endosperma i soderzhanie belka v zerne sortov plenchatogo i golozernogo yachmenya*. [Kernel hardness of the endosperm and protein content in the grain of chaffy and naked barley]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2018;(4(28)):94-102. (In Russ.). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/steklovidnost-endosperma-i-soderzhanie-belka-v-zerne-sortov-plenchatogo-i-golozernogo-yachmenya.

Received: 20.02.2019. Accepted for publication: 29.03.2019. Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Lyubov M. Eroshenko, PhD in Agriculture, leading researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8513-6665**,
e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru,

Anatoly N. Eroshenko, PhD in Agriculture, leading researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1468-4207**,
e-mail: anatolyeroshenko@yandex.ru,

Maksim M. Romakhin, PhD in Agriculture, leading researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5691-1020**,
e-mail: rmax1@ya.ru,

Nikolai A. Eroshenko, PhD in Agriculture, senior researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district , Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6971-957X**,

Olga V. Levakova, PhD in Agriculture, leading researcher, Institute of seed industry and technology – branch of the Federal Research Centre of Agroengineering VIM, Parkovaya street, 1, Podvyazie, Ryazansky district, Ryazan region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5400-669X**,
e-mail: levakova.olqa@mail.ru,

Ivan A. Dedushev, junior researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district , Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5059-9299**, e-mail: ivan.dedushev@yandex.ru,

Victoria V. Romakhina, junior researcher, Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoye settlement, Odintsovo district, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-9996-4998**,
e-mail: 79206175784@yandex.ru

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143
УДК 632.482.19: 633.14

(cc) BY

Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области

© 2019. Л.М. Щеклеина
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследований за 2001-2017 гг. В условиях Кировской области дана оценка 36 сортам озимой ржи по характеру взаимоотношений в патосистеме «Secale cereale - Claviceps purpurea». Для оценки изменения метеорологических условий и их влияния на развитие спорыньи использовали среднесуточную температуру воздуха и количество выпавших осадков с 1 по 31 мая (период прорастания склероций) и с 5 по 15 июня (период заражения растений). Изучение сортов проводили при искусственной инокуляции цветков суспензией патогена. Учёт спорыньи проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна по поражению биоценозов (количественный признак) и засоренности зерновой массы склероциями (качественный признак). При искусственной инокуляции все изучаемые сорта ржи поражались спорыньёй в пределах от 8,3 до 100%, что свидетельствует об их сильной восприимчивости к болезни. Лишь у 6 сортов (Фаленская 4, Кировская 89, Рада, Флора, Дымка и Волхова) поражение было на уровне 8,3-27,3%, засоренность зерновой массы склероциями – 0,4-1,9%. Высокая урожайность и продуктивность растений была у стандартного сорта Фаленская 4 (660 г/м^2 и 11,0 г), характеризующегося высокой степенью отрастания после поражения снежной плесенью (100%), наименьшим распространением спорыньи в посеве и засорением зерновой массы склероциями. В ходе корреляционного анализа установлена тесная связь между поражением растений спорыньей и засоренностью зерновой массы склероциями (r = 0,76). Эти же иммунологические признаки достоверно влияли на урожайность (r = -0,67 и r = -0,55) и несущественно – на продуктивность растений. Выявлена положительная зависимость между иммунологическими признаками и массой 1000 зерен. Вероятно, обеспложивание колоса ведет к формированию более крупного зерна в фертильных цветках (r = 0,42 и r = 0,37). Уравнения регрессии между количеством склероций в колосе, массой зерна с колоса и количеством зерен в нём с вероятностью 95-97% доказывают, что с увеличением заражённости колоса на 1 склероций, масса зерна с колоса снижается на 0,18 грамма, а количество зерен в колосе – на 4,7 штук.

Ключевые слова: *озимая рожь, спорынья, сорт, поражение, засорение зерна склероциями, вредоносность, элементы продуктивности*

Для цитирования: Щеклеина Л.М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019; 20(2):134-143. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания (тема НИР №0767-2018-0003).

Influence of weather factors on separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul development and level of ergot harmfulness in Kirov region

© 2019. Lucia M. Shchekleina
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

In 2001-2017 in the conditions of Kirov region 36 winter rye varieties were assessed according to the character of interrelation in a "*Secale cereale* - *Claviceps purpurea*" pathosystem. The article provides the results of this research. For assessment of the change in meteorological conditions and their influence on ergot development the average daily air temperature and amount of precipitations from May 1 to May 31 (the period of screrotia germination) and from June 5 to June 15 (the period of plants infection) were used. The study of varieties was carried out by artificial inoculation of flowers with pathogen suspension. The ergot recording was carried out at a phase of milk-wax ripeness of grain according to infection of biocenoses (quantitative trait) and on contamination of grain mass with sclerotia (qualitative trait). At an artificial inoculation all rye varieties under study were infected by ergot in limits from 8.3 up to 100% that demonstrated their strong susceptibility to disease. Only 6 varieties (Falenskaya 4, Kirovskaya 89, Rada, Flora, Dymka, and Volkhova) were infected at the level of 8.3-27.3%, contamination of grain mass by sclerotia – 0.4-1.9%. The standard variety Falenskaya 4 had a high productivity and efficiency of plants (660 g/m^2 and 11.0 g), which was characterized by a high degree of re-growth after infestation with a snow mold (100%), the smallest distribution of an ergot in sowing and contamination of grain mass with sclerotia. During the correlation analysis a close relation between the infestation of plants with an ergot and contamination of grain mass with sclerotia (r = 0.76) was established. The same immunological traits significantly influenced on the productivity (r = -0.67 and -0.55) and insignificantly - on plants efficiency. The positive dependence between immunological traits and 1000-grain mass was revealed. Possibly, sterilization of an ear leads to formation of a larger grain in fertile flowers (r = 0.42 and 0.37). The regression equations between the amount of sclerotia in an ear, mass of grain per ear and a number of grains in it have proved with 95-97% probability that with 1 sclerotium increase in contamination per ear, the grain mass per ear decreases by 0.18 grams, and the amount of grains per ear – by 4.7 pieces.

Key words: *winter rye, ergot, variety, infestation, grain contamination with sclerotia, harmfulness, yeild elements*

For citation: Shchekleina L.M. Influence of weather factors on the separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul developments and level of ergot injuriousness in Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):134-143. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143

Во многих регионах Российской Федерации и прилегающих стран серьёзной фитосанитарной и экологической проблемой становится нарастающее распространение инфекции фитопатогенного гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи. Усиление вредоносности и эпифитотийные ситуации складываются в Литве [1] и Беларуси [2, 3, 4, 5]. В СССР, по данным С.С. Санина (2002) [6], масштабное развитие спорыньи отмечалось вначале только в военные и послевоенные годы. В настоящее время эта болезнь распространена повсеместно, но в большей степени в Северо-Западном регионе и центральных районах Нечерноземной полосы [7]. В Приволжском федеральном округе[1] в 2018 г. спорынью на посевах озимой ржи при среднем уровне поражения диагностировали во всех областях и республиках региона. В Кировской области[2] в 2017 г. распространение болезни на отдельных полях достигало 5,0%, что чревато существенным превышением допустимого содержания склероций в любых партиях зерна. По поводу биологической опасности спорыньи бьют тревогу как фитопатологи, так и селекционеры с сельхозтоваропроизводителями, поскольку эта болезнь напрямую влияет на ухудшение качества зерна для пищевых и кормовых целей [8]. Восприимчивы к спорынье все зерновые культуры с определенным уровнем стерильности, но в большей степени поражается рожь как перекрестноопыляющаяся культура, т.к. её цветки остаются открытыми дольше, чем у самоопыляющихся растений. В этой связи не поражаемых спорыньёй сортов зерновых культур практически не существует [9].

Причин для развития спорыньи достаточно много. Принято считать, что распространение её является своеобразным показателем организации производства, культуры земледелия и семеноводства [10]. Внедрение минимальных способов обработки почвы, коротко-ротационных зернонасыщенных севооборотов или их отсутствие, посев свежеубранными семенами, отсутствие эффективных зерноочистительных машин и фунгицидов – все это вызывает сохранность склероций возбудителя в природе и возобновление патогенеза [11]. Особое опасение представляют земли, вышедшие из сельскохозяйственного оборота. В Кировской области таких земель не менее 700 тыс. га, которые зарастают сорняками, борщевиком, лесом и в целом представляют собой опасные очаги сохранения и размножения вредных для культурных растений насекомых-вредителей, а также грибной, бактериальной и вирусной инфекции [12].

Вспышки спорыньи могут спровоцировать и благоприятные для развития гриба *C. purpurea* погодные условия. Как правило, основная часть склероций формируется на недоразвитых стеблях (подгоне), количество которых увеличивается при изреживании стеблестоя в связи с выпреванием и поражением растений снежной плесенью. За последние 20 лет (1998-2017 гг.) гибель озимой ржи после перезимовки в Кировской области изменялась от 3% (2009 г.) до 28% (2001 г.), а в среднем была от 10 до 13% (Обзор фитосанитарного состояния …, 1998-2017 гг.). Прорастанию склероций предшествует действие низкой температуры воздуха -3…+5˚С в течение длительного времени. Так достигается строгая согласованность развития гриба *C. purpurea* с онтогенезом растения-хозяина. Умеренно тёплые зимние месяцы, с одной стороны, способствуют выживанию гриба, с другой – приводят к гибели растений от выпревания и снежной плесени. Это первый жизненно важный период в биологическом и инфекционном цикле гриба *C. purpurea*. Весной при температуре +10…+20˚С склероции выходят из состояния физиологического покоя и на их поверхности начинают появляться бугорки, которые постепенно вырастают в «ножку» – строму, несущую розоватую плодовую головку с аскоспорами. Это второй период для патогена, обеспечивающий возобновление инфекции в природе, который по календарным датам Кировской области соответствует погоде в мае. Непосредственно заражение посевов озимой ржи происходит в фазу цветения растений, что в условиях области обычно наблюдается в первой и второй декадах июня. Это третий период в биологии патогена, важный для формирования склероций и пополнения уровня природной инфекции [12].

[1]Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. М., 2018. 554 с.
[2]Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2017 году и прогноз на 2018 год по Кировской области. Киров, 2017. 86 с.

Цель исследований – выявить влияние основных метеорологических факторов на развитие гриба *C. purpurea* в условиях Кировской области и определить характер вредоносности спорыньи у разных сортов озимой ржи.

Материал и методы. Исследования проводили в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Анализ метеорологических условий за период 2001-2017 гг. выполнен по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Оценку изменений метеорологических условий и их влияние на развитие спорыньи проводили по показателям среднесуточной температуры воздуха и количеству выпавших осадков с 1 по 31 мая (период прорастания склероций) и с 5 по 15 июня (период заражения растений). Использовали также комплексный показатель температурно-влажностного режима – гидротермический коэффициент (ГТК). Характеристику условий увлажнения и температурного фона по состоянию ГТК оценивали по шкале Г.Т. Селянинова[3].

Материалом исследований являлись 16 разных по восприимчивости сортов и популяций озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока и 20 сортов экологического испытания из 7 НИУ РФ. Изучение их проводили при искусственной инокуляции цветков в начале колошения (фаза зелёных пыльников) суспензией конидий *(Spacelia segetum* Levi.), выделенных с поверхности свежих склероций. Инокулюм вносили в цветки средней части колоса с помощью шприца. Концентрация спор в инокуляте – 10^5 шт./мл. В каждом сорте заражали по 10-15 растений в 3-кратной повторности [13].

Учёт спорыньи проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна по поражению биоценозов (количественный признак) и засорённости зерновой массы склероциями (качественный признак). Характеристику сортов по устойчивости давали на основании шкалы T. Miedaner [14].

Полученный в опытах экспериментальный материал обрабатывали методами регрессионного и корреляционного анализов с использованием пакета компьютерных программ AGROS (версия 2.07, 1998).

Результаты и их обсуждение. Ретроспективный анализ фитосанитарного состояния посевов озимой ржи показал, что до 1997 г. спорынья на Северо-Востоке Нечерноземья России не считалась экономически значимой болезнью. За последние 20 лет в Кировской области, по данным ФГБУ «Россельхозцентр по Кировской области», было зарегистрировано две сильные эпифитотии (2001 и 2017 гг.) и шесть неэпифитотийных лет (2002, 2003, 2006, 2014, 2015, 2016 гг.). В остальные годы отмечена ситуация умеренного развития болезни (рис. 1).

Сравнение полученных данных со сведениями, приведенными в Агроэкологическом атласе России[4], приводит к заключению, что сейчас зона распространенности и вредоносности спорыньи стала охватывать границы Кировской области, вызывая эпифитотийное развитие гриба *C. purpurea* и экономически значимое поражение посевов озимой ржи (рис. 2).

В ходе анализа климатических факторов выявлено, что наибольшее превышение температуры воздуха в мае над среднемноголетними данными Кировской области (12,4˚С) наблюдалось в 2005 г. (15,1˚С), 2010 г. (15,7˚С), 2014 г. (14,9˚С) и 2015 г. (14,6˚С), а относительно холодным этот месяц был в 2002 г. (7,9˚С) и 2017 г. (7,6˚С).

За исключением 4-х лет (2005-2008 гг.) наблюдался недостаток осадков в мае, которых выпало 21-98% от нормы (44,9 мм). Исходя из уровня ГТК этот месяц был в 2009, 2010, 2012 гг. недостаточно увлажненным, а в 2014 и 2015 гг. – засушливым и характеризовался значениями ГТК – 0,89; 0,80; 0,82; 0,25 и 0,59 соответственно. Избыточно увлажненным оказался май в 2002, 2006, 2007, 2008 и 2017 гг. при уровне ГТК: 1,78; 2,00; 1,66; 1,63 и 2,31, в остальные годы исследований – с достаточным теплом и увлажнением.

В фазу цветения растений также значительно варьировала среднесуточная температура воздуха – от +11,2 до +17,9˚С, осадки – от 0,3 до 6,3 мм в сутки. Самая высокая температура воздуха в период заражения растений была в 2001 г. (16,2˚С), 2005 г. (17,4˚С), 2006 г. (16,9˚С), 2009 г. (17,6˚С), 2012 г. (17,9˚С) и 2013 г. (16,3˚С). Острозасушливые условия в этот период были в 2001, 2002, 2007, 2013 гг. при значениях ГТК от 0,24 до 0,57. В большинстве других лет цветение озимой ржи проходило при значительном избытке влаги.

[3]Чирков Ю.И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 296 с.
[4]Дмитриев А.П., Будревская И.А. Болезни сельскохозяйственных культур. Распространение спорыньи ржи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul). В: Афонин А.Н.; Грин С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008. http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Secalis/Secalis_Claviceps_purpurea/map/index.html

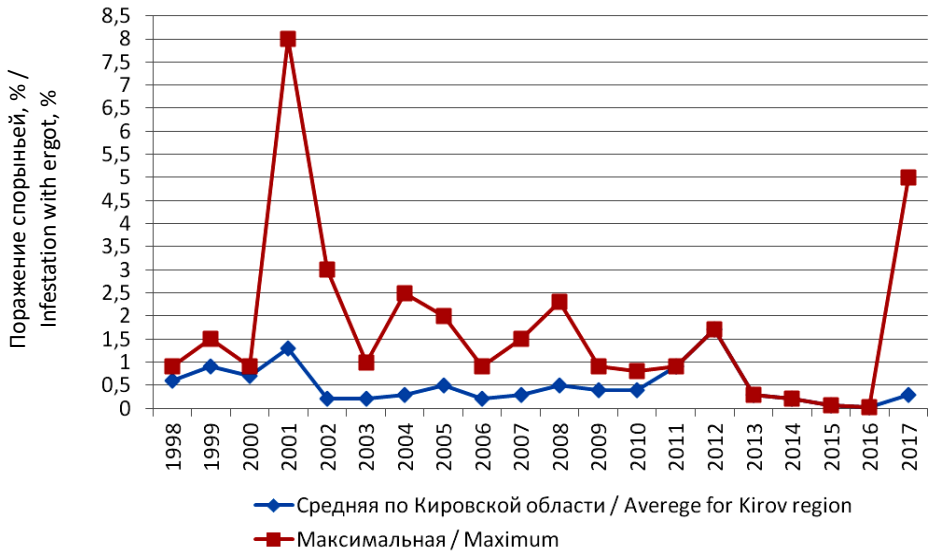


Рис. 1 **Динамика поражения посевов озимой ржи спорыньей в Кировской области**
Fig.1. **Dynamics of ergot infestation of winter rye in Kirov region**

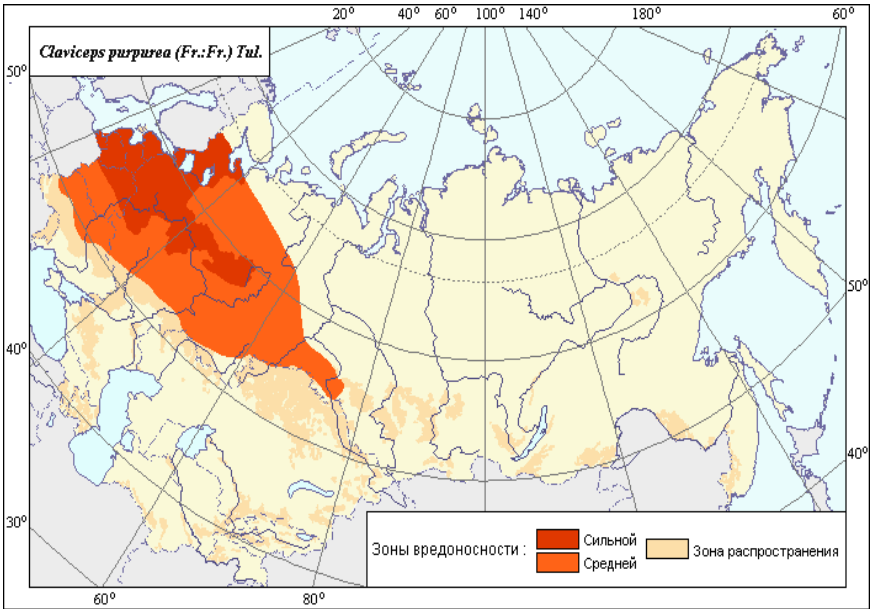


Рис.2. **Зоны распространения и вредоносности спорыньи ржи**[4]
Fig. 2. **Areas of distribution and harmfulness of spurred rye**

Выявлено, что усиление поражения посевов до 0,50% и выше происходило в годы (2001, 2005, 2008, 2011, 2012), когда количество осадков было на уровне 80-145% от среднемноголетнего значения. Недостаток влаги (21-69% от среднемноголетних данных) в мае 2014, 2015 и 2016 гг. существенно ограничивал вначале прорастание перезимовавших склероций, а затем формирование новых на растениях.

В ходе корреляционного анализа выявлен избирательный характер действия погодных факторов на отдельные этапы биологии возбудителя (табл. 1). Просматривается тенденция, что на жизнеспособность *C. purpurea* в большей степени влияет количество осадков в период выхода склероций из физиологического покоя, чем температура воздуха в мае.

Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склероций и формирования стром с плодовыми телами и, наоборот, значение температуры в патогенезе повышается в период заражения растений (r = 0,28). Влияние осадков на инфекционный цикл гриба также избирательно. Более высокое количество их улучшает процесс прорастания склероций после выхода их из физиологического покоя (r = 0,34), но в период цветения растений их влияние на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снижается.

Таблица 1 / Table 1

Корреляционная связь между погодными факторами и поражением озимой ржи спорыньей (r) / Correlation between weather factors and ergot **infestation of winter rye (r)**

Показатель / Indicator	*Температура / Temperature*	*Осадки / Precipitations*	*Температура / Temperature*	*Осадки / Precipitations*
	с 1 по 31 мая / from May, 1 till May, 31		*с 5 по 15 июня / from June, 5 till June, 15*	
Распространение спорыньи в посевах озимой ржи (2001-2017 гг.) / Distribution of an ergot in winter rye sowings (2001-2017)	-0,10	0,34	0,28	0,11
- влажные годы / wet years	0,08	-0,18	0,32	0,20
- засушливые годы / dry years	-0,48	0,61	0,46	0,07

По многолетним наблюдениям коэффициент корреляции между поражением спорыньей и температурой в мае: r = 0,08 (влажные) и r = -0,48 (засушливые годы); осадками в мае: r = -0,18 (влажные) и r = 0,61 (засушливые); температурой в июне: r = 0,32 (влажные) и r = 0,46 (засушливые); осадками в июне: r = 0,20 (влажные) и r = 0,07 (засушливые годы).

Расчеты, основанные на регрессионном анализе многолетних данных распространения спорыньи на производственных посевах озимой ржи, показали, что при увеличении температуры воздуха в период заражения растений (с 5 по 15 июня) на 1°С пораженность растений снижается на 0,07% (рис. 3). Уравнение регрессии между количеством выпавших осадков и количеством пораженных растений имело вид: y = 0,0362x + 0,3624. Это позволяет констатировать, что увеличение количества выпавших осадков на 1 мм приводит к нарастанию поражения на 0,04%.

Полученные результаты позволяют прогнозировать уровень поражения посевов и засорённости зерна озимой ржи в зоне исследований непосредственно после цветения ржи. При этом возможное проявление спорыньи на других зерновых культурах будет зависеть от своеобразия складывающихся погодных условий и концентрации на данной территории наиболее уязвимой культуры – озимой ржи.

При искусственной инокуляции все изучаемые сорта озимой ржи поражались спорыньёй в пределах от 8,3 до 100% (табл. 2), что свидетельствует об их сильной восприимчивости к болезни. Относительно меньшую восприимчивость проявили сорта: Фаленская 4, Кировская 89, Рада, Флора, Дымка и Волхова. Поражение их было на уровне 8,3-27,3%, засоренность зерновой массы – 0,4-1,9%.

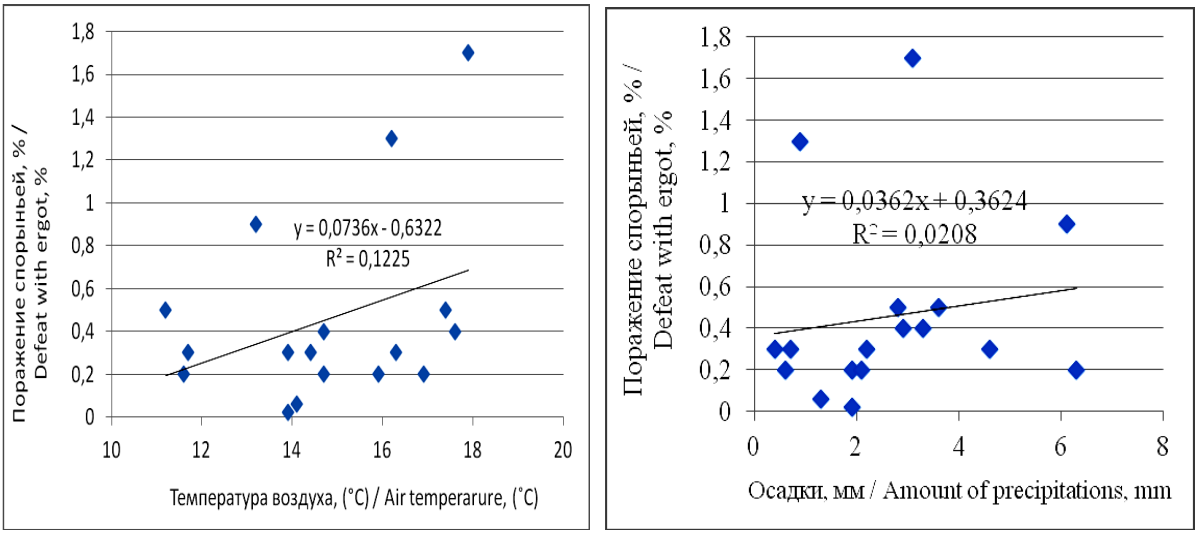


Рис. 3. **Зависимость поражения озимой ржи спорыньёй от температуры воздуха и количества выпавших осадков в период заражения растений (с 5 по 15 июня)**

Fig. 3. **Dependence of ergot infestation of winter rye on the air temperature and amount of precipitations in the period of plants infection (from June 5 to June 15)**

Таблица 2 / Table 2

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность сортов озимой ржи (искусственная инокуляция) /
Developing of an ergot in sowing and grain mass and influence of a disease on productivity of winter rye varieties (an artificial inoculation)

Сорт / Variety	*НИУ – оригинатор / Institution – originator*	*Отрастание после поражения снежной плесенью**, % / Regrowth after infestation by a snow mold **, %*	*Анализ инокулированных колосьев ржи / Analysis of inoculated ears of rye*					
			Поражение спорыньёй, % / Ergot infestation %	*масса, г / mass, g*				
				1 склероция / 1 sclerotium	*зерна с 1 м^2 / grain per m^2*	*зерна с 1 растения / grains per 1 plant*	*1000 зёрен / 1000 grains*	*Засорённость зерновой массы склероциями, % / Contamination of grain mass with sclerotia, %*
Графит / Graphite	ФАНЦ Северо-Востока / FARC of the North-East	60,0	50,0	0,08	160*	5,7*	34,7*	3,6
Грация / Graciya		50,0	72,2	0,13	200*	11,1*	32,6*	4,5
Перепел / Perepel		50,0	60,0	0,09	240*	9,6*	31,8*	3,5
Волна / Volna		30,0	90,0	0,09	110*	11,0*	35,0*	8,3
С-30/07		40,0	100	0,11	160*	14,5	37,8*	8,0
Триумф / Triumph		60,0	62,9	0,08	340	12,6*	35,8*	3,0
Кипрез / Kiprez		90,0	31,0	0,09	620	10,7*	30,7*	1,8
Ниоба / Nioba		80,0	36,5	0,14	520	10,0*	36,5*	3,4
Садко / Sadko		90,0	51,0	0,12	500	10,2*	32,9*	3,3
Роса / Rosa		80,0	51,1	0,14	440	9,8*	28,9*	1,2
Сара / Sara		80,0	42,4	0,08	320*	9,7*	32,5*	2,4
Кировская 89 / Kirovskaya 89		90,0	12,8	0,04	400	10,3*	36,4*	0,6
Дымка/Dymka		90,0	27,3	0,05	440	8,0*	36,5*	1,8
Фаленская 4 – ст. / Falenskaya 4 – st.		100,0	8,3	0,09	660	11,0	30,7	0,4
Рада / Rada		90,0	20,0	0,09	400	6,7*	26,0	1,1
Флора / Flora		90,0	20,4	0,13	310*	6,3*	26,1	1,8
Чулпан 7 / Chulpan 7	Башкирский НИИСХ / Bashkiria Agricultural Research Institute	20,0	63,6	0,17	190*	17,3	31,9*	2,8
Памяти Кунакбаева / Pamyaty Kunakbaeva		20,0	83,3	0,11	140*	23,3	41,7*	2,3
Безенчукская 87 / Bezenchukskaya 87	Самарский НИИСХ / Samara Agricultural Research Institute	30,0	90,0	0,09	110*	11,0*	41,4*	8,1
Антарес / Antares		30,0	70,0	0,23	39*	3,9*	40,6*	10,8
Памяти Бамбышева / Pamyaty Bambysheva	Саратовский НИИСХ / Saratov Agricultural Research Institute	70,0	74,1	0,17	380	14,1	43,9*	5,3
Саратовская 7 / Saratovskaya 7		60,0	18,6	0,08	440	16,3	42,6*	1,2
Солнечная / Solnechnaya		60,0	73,3	0,11	160*	10,7*	39,9*	6,9
Т-33	Воронежский НИИСХ / Voronezh Agricultural Research Institute	80,0	62,5	0,22	310*	7,8*	35,2*	6,2
Т-41		80,0	79,2	0,09	220*	9,2*	35,2*	3,9
Паром / Parom	Уральский НИИСХ / Ural Agricultural Research Institute	50,0	46,7	0,18	110*	7,3*	28,6	6,2
Алиса / Alice		60,0	50,0	0,08	200*	8,3*	34,8*	2,6
Янтарная / Yantarnaya		50,0	38,5	0,06	140*	10,8*	31,7*	2,1
Чусовая / Chusovaya		30,0	60,0	0,13	60*	6,0*	35,1*	2,7
Вираж / Virazh		50,0	50,0	0,05	210*	9,5*	33,4*	3,1
Волхова / Volkhova	Ленинградский НИИСХ / Leningrad Agricultural Research Institute	90,0	8,8	0,07	520	15,3	36,6*	0,6
Памяти Попова / Pamyaty Popova		80,0	77,8	0,15	320*	11,9*	40,4*	9,4
Былина / Bylina		70,0	59,3	0,11	270*	10,0*	38,8*	3,8
Славия / Slavia		60,0	40,0	0,13	220*	8,8*	37,1*	1,5
Московская 12 / Moskovskaya 12	Московский НИИСХ / Moscow Agricultural Research Institute	40,0	90,0	0,06	120*	12,0*	40,1*	5,4
Татьяна / Tatiyana		70,0	40,6	0,08	310*	9,7*	40,7*	1,0
Среднее / Medium		63,1	53,1	0,11	285,8	10,6	35,4	3,7

** - достоверно к стандарту Фаленская 4 при P ≥ 095 / * - reliably to the standard Falenskya 4 if P ≥ 095*

*** - поражение снежной плесенью 100% / ** -infestation with snow mold - 100%*

Высокая урожайность и продуктивность растений получена у стандартного сорта Фаленская 4 (660 г/м^2 и 11,0 г), Кипрез (620 г/м^2 и 10,7 г), Ниоба (520 г/м^2 и 10,0 г), Садко (500 г/м^2 и 10,2 г) и у сорта Ленинградского НИИСХ Волхова (520 г/м^2 и 15,3 г), характеризующихся высокой степенью отрастания после поражения снежной плесенью (90-100%), наименьшим распространением спорыньи в посеве и засорением зерновой массы склероциями. Таким образом, состояние элементов продуктивности растений обусловлено не только генотипом, но и патогенезом спорыньи и снежной плесени.

Следует учитывать, что инфекционную нагрузку определяет не только количество склероций, но и их размер, т.к. крупные склероции образуют больше стром с плодовыми телами [15]. При этом масса одного склероция находилась в пределах от 0,04 до 0,23 г. Наиболее крупными (0,13-0,23 г) они были на сортах озимой ржи Грация, Флора, Чусовая, Славия, Ниоба, Роса, Памяти Попова, Чулпан 7, Памяти Бамбышева, Паром, Т-33 и Антарес. Относительно мелкие (0,04-0,05 г) склероции сформировались на двух сортах ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока (Кировская 89 и Дымка) и на сорте Уральского НИИСХ – Вираж.

В ходе корреляционного анализа установлена тесная связь между поражением растений спорыньей и засорённостью зерновой массы склероциями (r = 0,76) (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Влияние спорыньи на элементы продуктивности растений ржи (r) / Influence of an ergot on the elements of rye plants efficiency (r)

Показатель / Indicator	*Отрастание после поражения снежной плесенью, % / Re-growth after infestation with a snow mold, %*	*Развитие болезни в посеве (поражение), % / Development of disease in sowings (infestation), %*	*Масса 1 склероции, г / Weight of 1 sclerotium, g*	*Масса зерна с 1 м^2, г/м^2 / Grain mass per 1m^2, g/m^2*	*Масса зерна с 1 растения, г / Grain mass per 1 plant, g*	*Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g*
Развитие болезни в посеве (поражение), % / Development of a disease in sowing (infestation), %	-0,20	1	-	-	-	-
Масса 1 склероции, г / Weight of 1 sclerotium, g	-0,37*	0,21	1	-	-	-
Масса зернас 1 м^2, г/м^2 / Grain mass per 1 m^2, g/m^2	-0,13	-0,67**	-0,10	1	-	-
Масса зерна с 1 растения, г / Grain mass per plant, g	-0,03	0,21	-0,01	0,11	1	-
Масса 1000 зёрен, г / 1000 grain mass, g	0,22	0,42**	0,05	-0,21	0,39*	1
Засорённость зерновой массы склероциями, % / Contamination of grain mass with sclerotia, %	-0,20	0,76**	0,35*	-0,55**	-0,12	0,37*

* значимо на 5% уровне/ *significant at 5% level, ** значимо на 1% уровне / ** significant at 1% level

Эти же иммунологические признаки достоверно влияли на урожайность (r = -0,67 и r = -0,55) и несущественно – на продуктивность растений. Обращает на себя внимание положительная зависимость между иммунологическими признаками и массой 1000 зёрен. Вероятно, обеспложивание колоса ведет к формированию более крупного зерна в фертильных цветках (r = 0,42 и r = 0,37).

Более детальный анализ вредоносности спорыньи проведен на перспективном сорте озимой ржи Графит. Показано, что с увеличением количества склероций в колосе отмечается снижение массы зерна с колоса и количества зёрен в колосе. Так, если в здоровом колосе число зерен равнялось 89 штукам, то наличие уже 3 склероций снижает его до 63 штук (рис. 4).

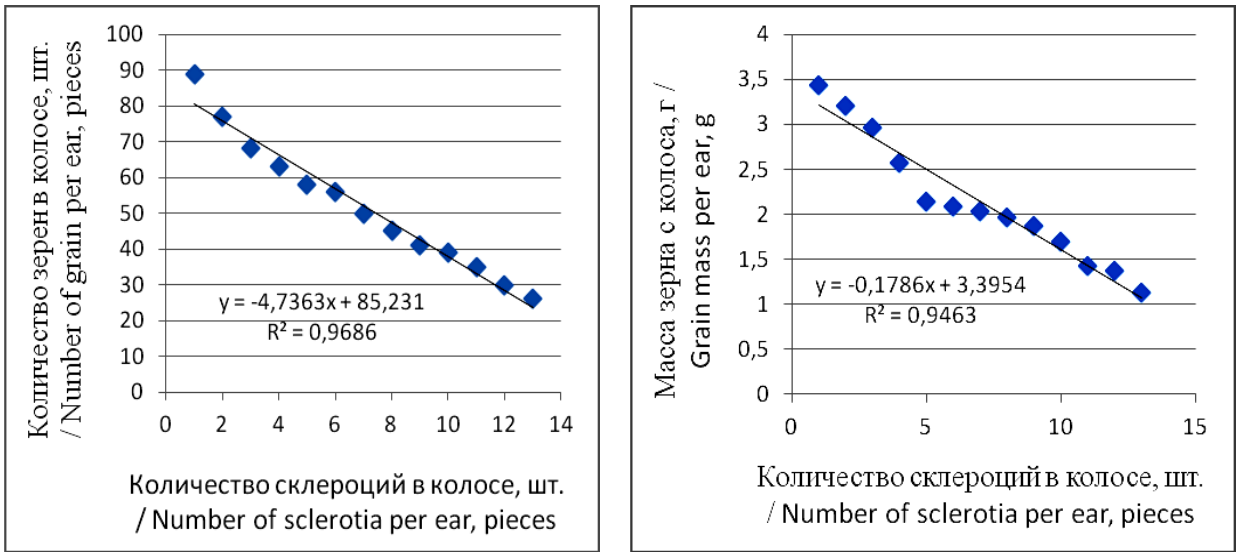


Рис.4. **Зависимость массы зерна и числа зерен в колосе от заражённости спорыньёй сорта озимой ржи Графит (2018)**

Fig.4. **Dependence of grain mass and number of grains per ear on contamination with ergot in winter rye variety Graphite (2018)**

Уравнения регрессии между количеством склероций в колосе, массой зерна с колоса и количеством зёрен в нём имеют следующий вид: y = -0,1786x + 3,3957 и

y = -4,7363x + 85,231.

Их интерпретация позволяет говорить, что увеличение количества склероций в колосе на 1 штуку приводит к снижению массы зерна с колоса на 0,95% и количества зерен в колосе на 0,97%. С другой стороны, уравнение линейного тренда с вероятностью 95-97% доказывает, что с увеличением зараженности колоса на 1 склероций, масса зерна с колоса снижается на 0,18 грамма, а количество зёрен в колосе уменьшается на 4,7 штук.

Исходя из этого, очевиден прямой и значимый уровень вредоносности спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области, который зависит в большей степени от количества склероций в колосе, чем от количества поражённых растений.

Выводы. Оценка многолетней динамики проявления спорыньи в посевах озимой ржи показала, что в условиях Кировской области на жизнеспособность склероций в большей степени влияло количество осадков в мае, чем температура воздуха. Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склероций и формирования стром с плодовыми телами и, наоборот, повышение температуры в период заражения растений способствовало распространению спорыньи. Увеличение количества осадков улучшало процесс прорастания склероций после выхода из физиологического покоя, но в период цветения растений влияние условий увлажнения на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снизилось.

Установлено, что вредоносность спорыньи определяется не столько распространением болезни в посевах, сколько количеством и крупностью склероций в колосе. Это приводит к увеличению засорённости зерновой массы склероциями, а при недостаточной его очистке и семенного материала. У изучаемых сортов озимой ржи очень низкая частота встречаемости непораженных спорыньей растений. Даже наименьшее значение показателя свидетельствует о высокой восприимчивости изучаемого материала. Однако присутствует значительная дифференциация сортов по признаку зараженности зерна склероциями, поэтому в селекционной работе и мониторинговых исследованиях, особенно в условиях естественных или искусственных эпифитотий, следует отбирать наименее поражаемые сорта, а также необходимо учитывать все иммунологические показатели, поскольку их состояние влияет на уровень природной инфекционной нагрузки.

Список литературы

1. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. Biologie. 2001;(3):8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf.

2. Рукшан Л.В. Спорынья ржи (возбудитель *Claviceps purpurea*). Минск: изд-во Центр БГУ, 2003. 216 с.

3. Булавина Т. Влияние борной кислоты на урожайность и пораженность спорыньей ярового тритикале. Земляробства і ахова раслін. 2003;(3): 16.

4. Немкович А.И. Спорынья злаковых культур. Защита и карантин растений. 2006;(6):25-26.

5. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларуская навука, 2009. 269 с.

6. Ишкова Т.И., Берестецская Л.И., Гасич Е.Л., Левитин М.М., Власов Д.Ю. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков. Санкт-Петербург. 2002. 76 с.

7. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии семеноводства России. Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2002. 475 с.

8. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С. Селекция озимой ржи на урожайность и качество зерна в условиях северной зоны Приволжского Федерального округа // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: УралНИИСХ, 2012. С. 48-52.

9. Mielke H. Studien über den Pilz Claviceps purpurea (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekampfungsmoglichkeiten des Erregers. Mitt. aus Biol. Bundesanst. fur Land- und Forstwirtschaft, Berlin. 2000. 66 p.

10. Павлова В.В. Спорынья зерновых – результат плохого хозяйствования. Агро XXI. 2000;(7):4-5.

11. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Селекция озимой ржи на болезнеустойчивость в НИИСХ Северо-Востока. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: УралНИИСХ, 2012. С. 76-82.

12. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Экологические аспекты развития спорыньи (*Claviceps purpurea* Tul.) на посевах ржи. Агроэкологический вестник. Вып. 7. Воронеж, 2016. С. 83-90.

13. Шешегова Т.К, Щеклеина Л.М., Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: методическое пособие. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.

14. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (Claviceps. purpurea) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. Plant Breed. 2010, 129, 58-62. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-009-0083-5.

15. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Зависимость вредоносности спорыньи от биометрических показателей склероциев. Защита и карантин растений. 2017;(11):10-12. Режим доступа: https://elibrary.ru/ item.asp?id =30578126.

Поступила: 11.03.2019 Принята к публикации: 05.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторе:
Щеклеина Люция Муллаахметовна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail:priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3589-5524,** e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

References

1. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. Biologie. 2001;(3):8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf.

2. Rukshan L.V. *Sporyn'ya rzhi (vozbuditel' Claviceps purpurea).* [Rye ergot (*Claviceps purpurea* agent)]. Minsk: Izd-vo Tsentr BGU, 2003. 216 p. (In Belarus).

3. Bulavina T. *Vliyanie bornoy kisloty na urozhaynost' i porazhennost' sporyn'ey yarovogo triticale*. [Influence of boric acid on productivity and ergot infestation of spring triticale]. *Zemlyarobstva i axova raslin*. 2003;(3):16. (In Ukraine).

4. Nemkovich A.I. *Sporyn'ya zlakovykh kul'tur*. [Ergot of cereal crops]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2006;(6):25-26. (In Russ.).

5. Urban E.P. *Ozimaya rozh' v Belarusi: selektsiya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdelyvaniya*. [Winter rye in Belarus: breeding, seed farming, technology of cultivation]. Minsk: *Belaruskaya navuka*, 2009. 269 p. (In Belarus).

6. Ishkova T.I., Berestetsskaya L.I., Gasich E.L., Levitin M.M., Vlasov D.Yu. *Diagnostika osnovnykh gribnykh bolezney khlebnykh zlakov*. [Diagnosis of the main fungi diseases of grain cereals]. Sankt-Peterburg. 2002. 76 p. (In Russ.).

7. Sanin S.S. *Problemy fitosanitarii semenovodstva Rossii*. [Problems of phytosanitation of seed farming in Russia]. Orel: *Izd-vo OrelGAU*, 2002. 475 p.

8. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S. *Selektsiya ozimoy rzhi na urozhaynost' i kachestvo zerna v usloviyakh severnoy zony Privolzhskogo Federal'nogo okruga*. [Breeding of a winter rye on productivity and grain quality in conditions of a northern zone of the Volga Federal District]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Winter rye: breeding, seed farming, technologies and processing: Proceedings of the All-Russian scientific and practical Conference]. Ekaterinburg: *UralNIISKh*, 2012. pp. 48-52. (In Russ.).

9. Mielke H. Studien über den Pilz Claviceps purpurea (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekampfungsmoglichkeiten des Erregers. Mitt. aus Biol. Bundesanst. fur Land- und Forstwirtschaft, Berlin. 2000. 66 p.

10. Pavlova V.V. *Sporyn'ya zernovykh – rezul'tat plokhogo khozyaystvovaniya*. [An ergot of grain is the result of poor managing]. *Agro XXI*. 2000;(7):4-5. (In Russ.).

11. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Selektsiya ozimoy rzhi na bolez-neustoychivost' v NIISKh Severo-Vostoka*. [Breeding of winter rye on a disease resistance in North-East NIISH]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Winter rye: breeding, seed farming, technologies and processing: Proceedings of the All-Russian scientific and practical Conference]. Ekaterinburg: UralNIISKh, 2012. pp. 76-82. (In Russ.).

12. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Ekologicheskie aspekty razvitiya sporyn'i (Claviceps purpurea Tul.) na posevakh rzhi*. [Ecological aspects of an ergot (*Claviceps purpurea* Tul.) development on rye sowings]. *Agroekologicheskiy vestnik*. Iss. 7. Voronezh, 2016. pp. 83-90. (In Russ.).

13. Sheshegova T.K, Shchekleina L.M., Kedrova L.I., Utkina E.I. *Se-lektsiya ozimoy rzhi na ustoychivost' k sporyn'e: metodicheskoe posobie*. [Breeding of a winter rye on resistance to an ergot: methodical guide]. Kirov: *FGBOU VO Vyatskaya GSKhA*, 2018. 27 p. (In Russ.).

14. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (Claviceps. purpurea) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. Plant Breed. 2010, 129, 58-62. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-009-0083-5.

15. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Zavisimost' vredonosnosti sporyn'i ot biometricheskikh pokazateley sklerotsiev.* [Dependence of ergot harmfulness on biometric parameters of sclerotia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017;(11):10-12. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30578126.

Received: 11.03.2019 Accepted for publication: 05.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about author:
Lucia M. Shchekleina, PhD in Agriculture, senior researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3589-5524,**
e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152
УДК 631.452:631.816:631.153.3

(cc) BY

Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения минеральных удобрений

© 2019. А.А. Артемьев, А.М. Гурьянов
Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований, проведенных на экспериментальном полигоне в условиях лесостепи Поволжья в 2004-2010 гг., о влиянии традиционного (усредненного) и дифференцированного применения минеральных удобрений в полевом севообороте (озимая пшеница (рекогносцировочный посев) – яровая пшеница – однолетние травы – яровой ячмень – чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница) на изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного. Установлено, что шестилетнее использование удобрений независимо от технологии их внесения способствовало улучшению основных показателей плодородия в пахотном слое почвы. В среднем по 15 секторам (делянкам) каждого варианта содержание подвижного фосфора за ротацию севооборота возрастало при дифференцированном внесении удобрений на 15,9%, калия – на 15,0%, а при традиционном – соответственно на 4,8 и 16,7% (контроль 100,8 и 116,2 мг/кг почвы соответственно). На участках, где не вносили удобрения, содержание подвижных элементов на 2-7% снизилось. Содержание азота в почве напрямую зависело от сроков взятия образцов и количества в почве влаги, поэтому отследить его изменение достаточно сложно. Разница в накоплении минерального азота между технологиями применения удобрений не наблюдалась. По органическому веществу во всех вариантах опыта за годы исследований произошло снижение показателя. Заметнее это было в контроле, где значение уменьшилось на 2,7% (отн.). Здесь же значение $pH_{сол}$ выросло на 0,12 единицы и составило 4,7. В вариантах с удобрениями значение кислотности почвы осталось практически без изменения (4,6-4,7). В целом дифференцированное применение минеральных удобрений не оказало отрицательного влияния на агрохимический состав чернозема выщелоченного. Происходило постепенное относительное нивелирование пестроты почвенного плодородия за счет остаточных количеств фосфора и калия на низкоплодородных участках и некоторого снижения содержания подвижных элементов на участках с высокой обеспеченностью.

Ключевые слова: *полевой севооборот, усредненные дозы удобрений, дифференцированные дозы удобрений, коэффициент вариации, контурная карта*

Для цитирования: Артемьев А.А., Гурьянов А.М. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения минеральных удобрений. Аграрная наука Евро-Северо-Востока 2019;20(2):144-152. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания (тема НИР №0767-2018-0063-С-03).

Changes in agrochemical parameters of leached chernozem under the influence of differentiated use of minerals

© 2019. Andrey A. Artemjev, Aleksandr M. Guryanov
Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation

The article presents the results of studies conducted in 2004-2010 at the experimental plot in the forest-steppe Volga region. The research investigated the impact of traditional (average) and differentiated use of mineral fertilizers in the field crop rotation (winter wheat (reconnaissance sowing) – spring wheat – annual grass – spring barley – bare fallow– winter wheat – spring wheat) on the change of agrochemical properties of leached chernozem. It was established that the six-year use of fertilizers contributed to the improvement of the main indicators of top soil fertility regardless of application technology. On average, in 15 sectors (plots) of each variant, the content of mobile phosphorus per rotation of crop rotation increased with differentiated fertilization by 15.9%, potassium – by 15%, and in the traditional one – by 4.8 and 16.7% respectively, (control of 100.8 and 116.2 mg/kg of soil, respectively). In sectors where no fertilizer was applied, the content of mobile elements decreased by 2-7%. The nitrogen content in the soil directly depended on the timing of sampling and the amount of moisture in the soil, so it was difficult to track its change. The difference in the accumulation of mineral nitrogen between the technologies of fertilizer application was not observed. For organic matter in all variants of the experience over the years of research there was a decrease in the indicator. This was more noticeable in the control, where the value decreased by 2.7%. Here, the value of soil acidity increased by 0.12 units and became 4.7. In variants with fertilizers soil acidity remained the

same (4.6-4.7). In general, the differentiated use of mineral fertilizers did not have a negative influence on the agrochemical composition of leached chernozem. There was a gradual equalization of soil fertility due to the residual amounts of phosphorus and potassium on low-fertile plots and some reduction of mobile elements in zones with high content.

Key words: *leached chernozem, field crop rotation, average doses of fertilizers, differentiated doses of fertilizers, coefficient of variation, contour map*

For citation: Artemjev A.A., Guryanov A.M. Changes in agrochemical parameters of leached chernozem under the influence of differentiated the use of mineral. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):144-152. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152

В точном земледелии основополагающим принципом является адаптивность к внутрипольной вариабельности почвенного плодородия, учет которой с агрохимической точки зрения является наиболее затратным вопросом. Вместе с тем, накопление знаний о поле и выделение на этой основе контуров (элементарных участков) составляют основу почвоадаптивного применения агрохимических средств [1]. Несмотря на то, что сегодня существует множество различных способов получения информации о неоднородности распределения элементов питания по полю [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], реализация технологии координатного земледелия в производство без комплексных и глубоких исследований невозможна [10,11, 12, 13]. Кроме того, для ее освоения требуется оценка эффективности дифференцированного применения удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях, так как агрохимические и другие показатели плодородия почвы в условиях разной степени ее окультуренности имеют, особенно для оптимизации доз удобрений, первостепенное значение [14, 15, 16].

Цель исследований – выявить характер изменения внутрипольной вариабельности свойств чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения удобрений в полевом севообороте.

Материал и методы. Изучение изменения показателей плодородия почвы проводили на экспериментальном полигоне Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, созданного в 2003 году, где исследовалось 3 варианта применения удобрений: 1 – контроль (без удобрений); 2 – применение минеральных удобрений по традиционной технологии (усредненная доза); 3 – дифференцированное применение минеральных удобрений с учетом внутрипольной вариабельности почвенного плодородия. Опыт заложен в 3-кратной повторности по принципу расщепленной делянки, при котором делянки 1-го порядка отведены под один из 3-х вариантов с удобрениями, а субделянки (по пять делянок в каждом повторении) – для выявления вариабельности почвенного плодородия и внесения удобрений. Полигон площадью 1 га в общей сложности был разделен на 45 секторов (по 15 делянок в каждом варианте), размером каждый 220,7 м^2 (37,4 × 5,9). Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Работа выполнялась в типичном для лесостепи Поволжья севообороте: озимая пшеница (рекогносцировочный посев) – яровая пшеница – однолетние травы – яровой ячмень – чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница. При возделывании яровой пшеницы (урожайность 3,0 т/га) усредненные дозы составили: N90P32K40, дифференцированные – N48-158P22-35K23-57; суданской травы (урожайность зеленой массы 20 т/га) – N90P45K77 и N68-117P31-49K51-110; ярового ячменя (урожайность 3,0 т/га) – соответственно N70P44K30 и N48-82P37-92 K21-38; в чистом пару удобрения не вносили; озимой пшеницы (3,5 т/га) – N84P46K53 и N48-108 P30-52K36-65; яровой пшеницы (3,0 т/га) – N94P40K47 и N53-129P26-48K32-57 соответственно. При внесении удобрений по традиционной технологии расчет доз азота, фосфора и калия проведен исходя из средневзвешенных агрохимических показателей почвы делянок (секторов) второго варианта опыта. На участках третьего варианта, т.е. при дифференцированном применении, все удобрения были внесены с учетом агрохимической характеристики почвы каждой делянки.

Исследования выполняли по общепринятой методике[1]. Агрохимические показатели почвы из проб, отобранных с пахотного горизонта сеточным методом из центра ячейки [17], определяли в сертифицированной лаборатории Центра агрохимического обслуживания «Мордовский». Изучали каждую делянку (сектор) полигона с жесткой привязкой к конкретному месту взятия пробы. Основные

[1]Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

результаты подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову[1] с использованием программ обработки данных. Построение контурных карт распределения основных элементов питания по делянкам опытного полигона проводили с помощью компьютерного пакета Surfer 7.0[2,3].

Результаты и их обсуждение. Отслеживание изменения агрохимических показателей чернозема выщелоченного под действием различных технологий применения минеральных удобрений в полевом севообороте проводили по основным элементам, необходимым для роста и развития растений: $pH_{сол}$, органическому веществу, подвижному фосфору, обменному калию, нитратному и аммонийному азоту.

В таблице 1 представлена характеристика исходного уровня плодородия пахотного горизонта чернозема выщелоченного до применения удобрений по вариантам опыта.

Таблица 1 / Table 1

**Характеристика исходного уровня плодородия почвы в зависимости от варианта применения минеральных удобрений (2005 г., перед посевом яровой пшеницы) /
Characteristics of the initial level of soil fertility depending on the variant of application of mineral fertilizers (2005, before spring wheat sowing)**

Вариант / Variant	*$pH_{сол}$ / pH_{KCl}*	*Содержание в почве / Content in soil*			
		органическое вещество (С), % / organic substance (C), %	*NH_4-NO_3*	*P_2O_5,*	*K_2O*
			мг/кг / mg/kg		
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	4,56	6,48	12,58	102,6	124,0
Усредненные дозы / Average doses	4,64	6,68	13,08	119,3	127,0
Дифференцированные дозы / Differentiated doses	4,65	6,99	13,94	107,4	131,2
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	0,24	0,59	2,41	18,1	17,6

Как следует из данных таблицы 1, плодородие почвы всех делянок полигона (в среднем по 15 делянкам (секторам) каждого варианта) по существующим агрохимическим градациям характеризовалось кислой реакцией среды, достаточной обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Содержание органического вещества находилось на уровне 6,48-6,99%. Вместе с тем, как видно из представленных контурных карт на рисунках 1, *а*, *б*, *в*, колебания агрохимических показателей на делянках опыта в слое почвы 0-25 см были существенными. Так, по органическому веществу крайние значения составили 4,4 и 8,7%, по сумме нитратного и аммонийного азота – 9,81 и 17,79 мг/кг почвы, по $pH_{сол}$ – 4,4 и 4,8, по содержанию фосфора – 74 и 169 мг/кг и калия – 93 и 180 мг/кг почвы.

В таблице 2 представлены коэффициенты вариации исходных агрохимических данных. Они свидетельствуют о значительной вариабельности органического вещества во всех делянках изучаемых вариантов опыта. Наименьшей изменчивостью отличались делянки по минеральному азоту. Среднее значение коэффициента вариации (V = 14,7-18,4%) наблюдалось по калию. По фосфору в делянках контрольного варианта и усредненных доз удобрений изменчивость была средней (V = 11,7-19,6%), а в делянках, где закладывался вариант с дифференцированным использованием туков коэффициент вариации был значительным (V = 25%).

По агрохимическим показателям почва отдельных секторов полигона относилась к разным классификационным категориям. Присутствовали места со слабой, средней и хорошей обеспеченностью подвижными элементами питания. Это позволило с достаточным основанием провести сравнение двух технологий применения удобрений и выявить их влияние на изменение плодородия чернозема выщелоченного.

На рисунках 1, *а*, *б*, *в* представлены контурные карты распределения основных элементов питания по секторам опытного полигона.

[2]Golden Software Ins. Surfer 7.0 Help [Электронный ресурс]. URL: http://www.goldensoftware.com/(дата обращения: 28.03. 2019)

[3]Мальцев К.А. Основы работы в программе Surfer 7.0: Учебно-методическое пособие. Казань: Изд-во КГУ, 2008. 24 с.

Таблица 2 / Table 2

**Исходные коэффициенты вариации основных агрохимических показателей по вариантам применения удобрений (2005 г.) /
Initial variation coefficients of the main agrochemical parameters for the variants of fertilizer application (2005)**

Вариант / Variant	*Коэффициент вариации / Variation coefficient*			
	органическое вещество / organic substance	*NH_4-NO_3*	*P_2O_5*	*K_2O*
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	24,4	9,7	11,7	15,5
Усредненные дозы / Average doses	21,0	13,4	19,6	18,4
Дифференцированные дозы / Differentiated doses	21,2	9,4	25,0	14,7

Анализ карт распределения питательных элементов позволил установить интенсивность изменения основных показателей плодородия на участках полигона. О ней принято судить по расстоянию между изолиниями. На рисунках 1, *а*, *б*, *в* наибольший горизонтальный градиент наблюдался в верхней правой части, а в нижней он был минимальным. Градиент численно равен изменению показателя по нормали к изолинейной поверхности и направлен по этой нормали в сторону уменьшения показателя, в нашем случае от верхней правой части карты к нижней левой. Размещение зон максимальной скорости изменения показателя обусловлено закономерностями формирования пестроты плодородия. В нашем опыте они связаны, в первую очередь, с антропогенными факторами (например, в прошлом неравномерное распределение удобрений, несоблюдение амплитуды обработки почвы и т.д.) и в меньшей степени с природными (рельеф, тип почвы и т.д.). Следует отметить, что в зарубежных странах, где точное земледелие интенсивно внедряется в производство [18, 19, 20, 21, 22], на основе подобных карт формируются задания для машин по внесению удобрений. В результате на каждый сектор (контур) вносится именно то количество удобрений, которое необходимо этому участку с учетом внутрипольной вариабельности плодородия почвы.

Составление электронных карт позволяет сделать вывод о наличии и обеспеченности растений питательными веществами, своевременно устранить дефицит и дифференцированно восполнить содержание элементов питания в почве. Обязательным является то, что для отслеживания динамики изменения агрохимических показателей почвенную карту поля с учетом уровня плодородия по элементарным участкам составляют на основе точного отбора проб в глобальной системе позиционирования.

Длительное применение в севообороте минеральных удобрений по различным технологиям оказало неоднозначное влияние на изменение плодородия чернозема выщелоченного. Результаты агрохимического обследования почвы опытного полигона в конце ротации севооборота представлены в таблице 3.

Таблица 3 / Table 3

**Агрохимические показатели почвы в конце ротации полевого севооборота в зависимости от варианта применения удобрений (2010 г.) /
Agrochemical parameters of soil at the end of field crop rotation depending on the variant of fertilizers application (2010)**

Вариант / Variant	*$pH_{сол}$ / pH_{KCl}*	*Содержание в почве / Content in soil*			
		органическое вещество (С), % / organic substance (C), %	*NH_4-NO_3*	*P_2O_5,*	*K_2O*
			мг/кг / mg/kg		
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	4,7	6,34	9,9	100,8	116,2
Усредненные дозы / Average doses	4,6	6,62	12,5	125,2	152,8
Дифференцированные дозы / Differentiated doses	4,7	6,86	13,5	127,6	154,2
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	0,18	0,31	2,51	3,0	29,8

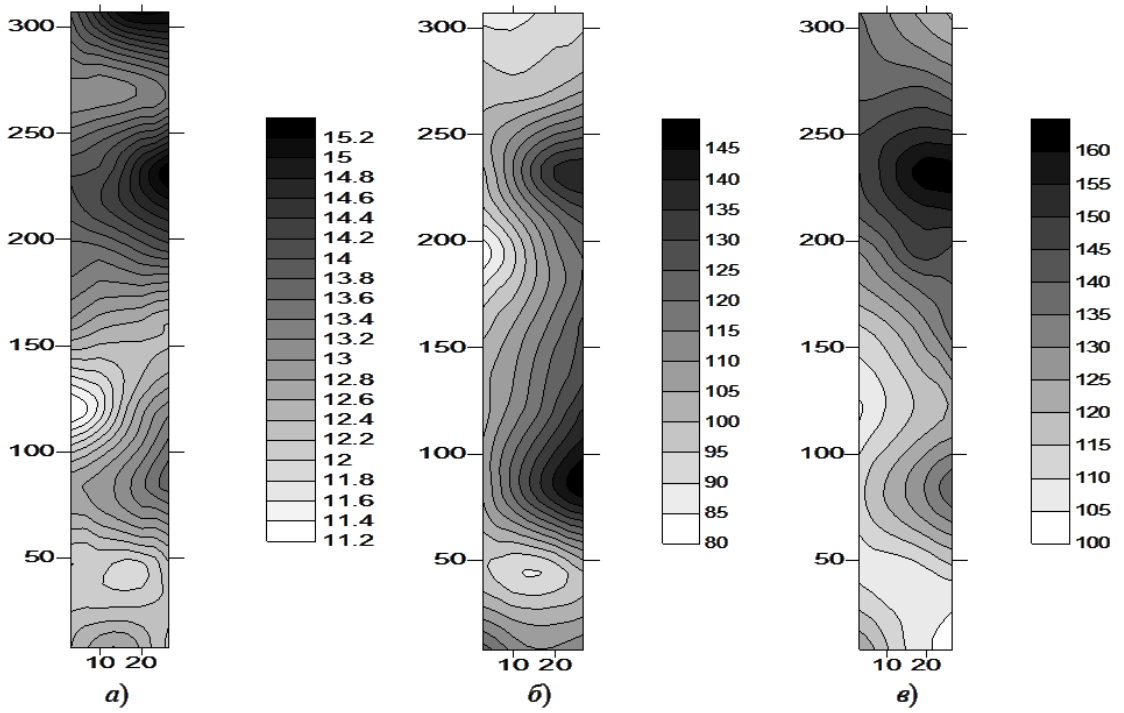


Рис. 1. **Распределение основных элементов питания на опытном полигоне, мг/кг почвы (2005 г.): *а*) нитратного + аммонийного азота (NH_4-NO_3); *б*) подвижного фосфора (P_2O_5); в) обменного калия (K_2O) /**

Fig. 1. **Distribution of basic nutrients at the experimental plot, mg/kg of soil (2005 year): *а*) of nitrate + ammonium nitrogen (NH_4-NO_3), *б*) of mobile phosphorus (P_2O_5); *в*) exchangeable potassium (K_2O)**

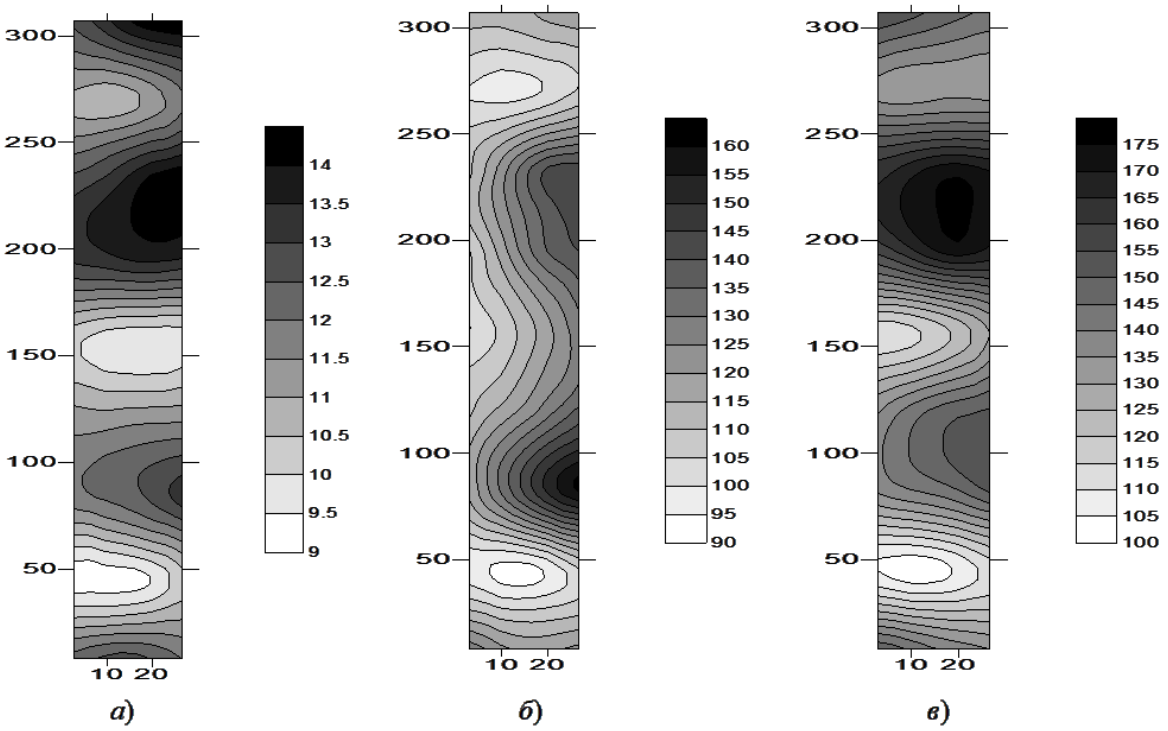


Рис. 2. **Распределение основных элементов питания на опытном полигоне, мг/кг почвы (2010 г.): *а*) нитратного + аммонийного азота (NH_4-NO_3); *б*) подвижного фосфора (P_2O_5); *в*) обменного калия (K_2O) /**

Fig. 2. **Distribution of basic nutrients at the experimental plot, mg/kg of soil (2010 year): *а*) of nitrate + ammonium nitrogen (NH_4-NO_3), *б*) of mobile phosphorus (P_2O_5); *в*) exchangeable potassium (K_2O)**

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует, что применение минеральных удобрений в севообороте по различным технологиям не приводило к снижению содержания подвижных форм фосфора и калия. Происходило их накопление в пахотном слое при возможных колебаниях уровня в зависимости от метеорологических и агробиологических условий. В среднем по вариантам опыта содержание подвижного фосфора за ротацию полевого севооборота возрастало при дифференцированном внесении удобрений на 15,9%, калия – на 15,0%, а при традиционном – соответственно на 4,8 и 16,7%. На делянках, где удобрения не вносили, содержание подвижных элементов в большинстве случаев снизилось. Содержание в почве минерального азота очень динамично и зависит от влажности и активности почвенной микрофлоры, фазы развития растений, а также от сроков взятия образцов. Поэтому отследить его изменение достаточно сложно. В то же время разницы в накоплении минерального азота между технологиями применения минеральных удобрений не наблюдалось.

По органическому веществу во всех вариантах опыта за шесть лет произошло некоторое снижение показателей. Заметнее это было в контроле, где его значение уменьшилось на 2,7% (отн.). Следует отметить, что одним из полей экспериментального севооборота являлся чистый пар, где за лето проводили 5-6 механических обработок. Это и способствовало интенсивному разложению органического вещества и накоплению в почве минерального азота.

Стоит также отметить, что в контрольном варианте значение $pH_{сол}$ выросло на 0,12 единицы и составило 4,7 (против 4,58 при исходном измерении). В вариантах с использованием удобрений значение кислотности почвы осталось практически без изменения.

При длительном дифференцированном применении минеральных удобрений происходило постепенное относительное нивелирование пестроты почвенного плодородия за счет остаточных количеств фосфора и калия на низкоплодородных участках (с повышенными дозами удобрений) и некоторого снижения содержания подвижных элементов на участках с высокой обеспеченностью (за счет превышения выноса над внесением). Это, в свою очередь, дало дополнительный эффект за счет выравнивания условий минерального питания, роста, развития и продуктивности растений, в то время как внесение удобрений под культуру при разном исходном уровне почвенного плодородия не может полностью обеспечить этих условий. Подтверждением этого являются расчеты коэффициентов вариации по основным агрохимическим показателям, представленных в таблице 4.

Таблица 4 / Table 4

Коэффициенты вариации основных агрохимических показателей по вариантам применения удобрений (2010 г.) /
Variation coefficients of the main agrochemical parameters for the variants of application of fertilizers (2010)

Вариант / Variant	*Коэффициент вариации (V), % / Coefficient of variation (V), %*			
	органическое вещество / organic substance	*NH_4-NO_3*	*P_2O_5*	*K_2O*
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	24,4	15,7	14,4	14,2
Усредненные дозы / Average doses	20,6	13,0	16,1	13,4
Дифференцированные дозы / Differentiated doses	21,1	10,9	18,1	11,2

Установлено, что наиболее стабильным показателем почвы за 6 лет исследований явилось содержание органического вещества, вариация которого осталась практически на исходном уровне. Сразу стоит отметить, что в контрольном варианте без внесения минеральных туков увеличилась вариабельность по минеральному азоту на 6,0%, подвижному фосфору – на 2,7%, а по калию осталась практически на прежнем уровне. Содержание обменного калия на делянках этого варианта в исходном определении характеризовалось достаточно высоким уровнем, поэтому изменение коэффициента вариации здесь было незначительным. Наиболее существенное снижение коэффициента вариации по фосфору и калию произошло в варианте с дифференцированным внесением минеральных удобрений, что подтверждает вышеобозначенное заключение. Наглядно это также можно увидеть на пред-

ставленных контурных картах (рис. 2, *а*, *б*, *в*). Так, при сравнении карт разных лет между собой видно, что распределение элементов питания, особенно подвижного фосфора и обменного калия, за шесть лет исследований несколько изменилось, а именно четко наметилась тенденция к снижению (некоторое увеличение расстояния между изолиниями в местах наибольшей концентрации элементов при исходном их определении) вариабельности данных показателей в секторах с дифференцированным внесением удобрений. В то же время характер распределения питательных элементов в контрольных делянках и делянках с внесением усредненных доз на опытном полигоне спустя шесть лет остался прежним.

Заключение. Дифференцированное применение минеральных удобрений не оказало отрицательного влияния на агрохимический состав чернозема выщелоченного. В этом варианте происходило постепенное относительное нивелирование пестроты почвенного плодородия за счет остаточных количеств фосфора и калия на низкоплодородных участках и некоторого снижения содержания подвижных элементов на участках с высокой обеспеченностью. Независимо от технологии внесения удобрений при длительном их применении содержание подвижных элементов питания в почве возрастало. При дифференцированном использовании уровень подвижного фосфора за ротацию увеличивался на 15,9%, калия – на 15,0%, а при традиционном – соответственно на 4,8 и 16,7% (контроль – 100,8 и 116,2 мг/кг почвы соответственно). Разницы в накоплении минерального азота между технологиями применения минеральных удобрений не наблюдалось. Содержание органического вещества было более стабильным, хотя во всех вариантах показатель снижался. В контроле он уменьшился на 2,7% (отн.). Здесь также выросло значение $pH_{сол}$ на 0,12 единицы. В вариантах с внесением удобрений значение кислотности почвы осталось практически без изменения (4,6-4,7).

Список литературы

1. Афанасьев Р.А. Агрохимические обеспечение точного земледелия. Проблемы агрохимии и экологии. 2008;(3):46-53. Режим доступа: http://elibrary.ru/item.asp?id=11749632.

2. Bullock D.G., Hoeft R.G. Nutrient Management with Intensive Soil Sampling and Differential Fertilizer Spreading. Better Crops with Plant Food. Vol. LXXVIII. 1994;(4):10-12. URL: http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-1954-3.

3. Wollenhaupt N.C., Wolkowski R.P., Clayton M.K. Mapping Soil Test Phosphorus and Potassium for Variable-Rate Fertilizer Application. Journal of Production Agriculture. 1994;(7):441-448. URL: https://dl.sciencesocieties.org/publications/jpa/abstracts/7/4/441?search-result=1.

4. Fiez T.E., Miller B.C., Pan W.L. Assessment of Spatially Variable Nitrogen Fertilizer Management in Winter Wheat. Journal of Production Agriculture. 1994;(7):86-93. URL: https://dl.sciencesocieties.org/publications/jpa/abstracts/7/1/86.

5. Якушев В.П., Буре В.М., Якушев В.В. Выделение однородных зон на поле по урожайности отдельных участков. Доклады РАСХН. 2007;(3):33-36.

6. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия. М.: Россельхозакадемия, 2004. 81 с.

7. Березовский Е.В., Железова С.В., Самсонова В.П. Опыт составления карт для точного земледелия. Аграрное образование. 2010;(2):43-46. Режим доступа: http://agroobzor.ru/ao_archiv/ao-2-2010.pdf.

8. Самсонова В.П., Железова С.В., Березовский Е.В. Картограммы почвенных свойств для целей точного земледелия. Проблемы агрохимии и экологии. 2010;(4):18-22. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=15560175.

9. Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В., Абрамов О.Н. Дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием космических систем. Агропродовольственная политика России. 2014;(2 (26)):2-8. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=22453624.

10. Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Сиренко Ф.В. Эффективность применения минеральных удобрений и средств химизации под зерновые культуры в условиях точного земледелия. Проблемы агрохимии и экологии. 2012;(1):28-31. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=17856262.

11. Любчич В.А., Попов С.В., Бакиров Ф.Г., Долматов А.П., Курамшин М.Р. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012;(1):73-75. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=17738030.

12. Ерёмин Д.И., Кибук. Ю.П. Дифференцированное внесение удобрений как инновационный подход в системе точного земледелия. Вестник КрасГАУ. 2017;(8):17-26. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=29875923.

13. Ваулин А.В. Оптимизация азотного питания ячменя при внедрении точного земледелия. Агрохимический вестник. 2013;(1):15-16. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=20328263.

14. Гурьянов А.М., Артемьев А.А. Продуктивность культур полевого севооборота в зависимости от варианта применения минеральных удобрений. Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы 9-й Международ. науч.-практ. конф. Саранск, 2013. С. 43-45.

15. Афанасьев Р.А. Закономерности внутрипольной вариабельности показателей плодородия почвы. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012;(1):24-27. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=17248065.

16. Беленков А.И., Тюмаков А.Ю., Умар Сабо, Мокичева Д.С. Агрохимическая и биологическая характеристика плодородия почвы опытного участка центра точного земледелия. Известия ТСХА. 2013;(3):53-62. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=20179856.

17. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А., Личман Г.И., Марченко Н.М. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений. М., 2007. 36 с. Режим доступа: https://www.twirpx.com/file/1360488/.

18. Lund E.D., Christy C.D., Drummond P.E. Using yield and soil electrical conductiviry (EC) map to derive crop production performance information. Presented at the fifth International Conference on Precision 168 Agriculture. Veris technologies. 2000. pp. 1-8. URL: http://www.veristech.com/images/ecfaq/EC_yld_analy-sis%20paper_5thconf.pdf

19. Ruß G., Brenning, A. Data Mining in Precision Agriculture: Management of Spatial Information. In: Hüllermeier E., Kruse R., Hoffmann F. (eds.) IPMU 2010. LNCS, vol. 6178. P. 350-359. Springer, Heidelberg. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-14049-5_36.

20. Schellberg J, Hill MJ, Gerhards R, Rothmund M, Braun M. Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. Europ. J. Agronomy 29 (2008). pp. 59-71. URL: https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.05.005.

21. Zhang N., Taylor R. Applications of a field-level geographic information system (GIS) in precision agriculture. Applied Engineering in Agriculture. 2001;17(6):885-892.

22. Goodwin R.J., Miller P.C. H. A review of the technologies for mapping within-field variability. Biosystems Engineering. 2003;84(4):393-407. URL: https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00283-0.

Поступила: 01.03.2019 Принята к публикации: 08.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Артемьев Андрей Александрович, доктор с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, зам. директора по научной работе, Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8759-8070,** e-mail: artemjevaa@yandex.ru,

Гурьянов Александр Михайлович, доктор с.-х. наук, профессор, директор, Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2642-1498,** e-mail: niish-mordovia@mail.ru

References

1. Afanas'ev R.A. *Agrokhimicheskie obespechenie tochnogo zemledeliya*. [Agrochemical provision of precision agriculture]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2008;(3):46-53. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item. asp?id=11749632.

2. Bullock D.G., Hoeft R.G. Nutrient Management with Intensive Soil Sampling and Differential Fertilizer Spreading. Better Crops with Plant Food. Vol. LXXVIII. 1994;(4):10-12. URL: http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-1954-3.

3. Wollenhaupt N.C., Wolkowski R.P., Clayton M.K. Mapping Soil Test Phosphorus and Potassium for Variable-Rate Fertilizer Application. Journal of Production Agriculture. 1994;(7):441-448. URL: https://dl.sciencesocieties.org/publications/jpa/abstracts/7/4/441?search-result=1.

4. Fiez T.E., Miller B.C., Pan W.L. Assessment of Spatially Variable Nitrogen Fertilizer Management in Winter Wheat. Journal of Production Agriculture. 1994;(7):86-93. URL: https://dl.sciencesocieties.org/publications/jpa/abstracts/7/1/86.

5. Yakushev V.P., Bure V.M., Yakushev V.V. *Vydelenie odnorodnykh zon na pole po urozhaynosti otdel'nykh uchastkov*. [Allocation of homogeneous zones in the field according to the yield of individual plots]. *Doklady RASKhN*. 2007;(3):33-36. (In Russ.).

6. Lichman G.I., Marchenko N.M., Drincha V.M. *Osnovnye printsipy i perspektivy primeneniya tochnogo zemledeliya*. [Basic principles and perspectives of application of precision farming]. Moscow: *Rossel'khozakademiya*, 2004. 81 p. (In Russ.).

7. Berezovskiy E.V., Zhelezova S.V., Samsonova V.P. *Opyt sostavleniya kart dlya tochnogo zemledeliya*. [The experience of mapping for precision agriculture]. *Agrarnoe obrazovanie*. 2010;(2):43-46. (In Russ.). URL: http://agroobzor.ru/ao_archiv/ao-2-2010.pdf.

8. Samsonova V.P., Zhelezova S.V., Berezovskiy E.V. *Kartogrammy pochvennykh svoystv dlya tseley tochnogo zemledeliya.* [Cartograms of soil properties for the purposes of precision agriculture]. *Problemy agrokhimii i ekologii.* 2010;(4):18-22. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15560175.

9. Abramov N.V., Sherstobitov S.V., Abramov O.N. *Differentsiro-vannoe vnesenie mineral'nykh udobreniy s ispol'zovaniem kosmicheskikh sistem.* [Differentiated application of mineral fertilizers using space systems]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii*. 2014;(2 (26)):2-8. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22453624.

10. Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Sirenko F.V. *Effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobreniy i sredstv khimizatsii pod zernovye kul'tury v usloviyakh tochnogo zemledeliya*. [Efficiency of application of mineral fertilizers and means of chemization under grain crops in the conditions of precision agriculture]. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2012;(1):28-31. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17856262.

11. Lyubchich V.A., Popov S.V., Bakirov F.G., Dolmatov A.P., Kuramshin M.R. *Differentsirovannoe vnesenie udobreniy v sisteme tochnogo zemledeliya.* [Differentiated application of fertilizers in the system of precision agriculture]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012;(1):73-75. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17738030.

12. Eremin D.I., Kibuk. Yu.P. *Differentsirovannoe vnesenie udob-reniy kak innovatsionnyy podkhod v sisteme tochnogo zemledeliya.* [Differentiated application of fertilizers as an innovative approach in the system of exact agriculture]. *Vestnik KrasGAU*. 2017;(8):17-26. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29875923.

13. Vaulin A.V. *Optimizatsiya azotnogo pitaniya yachmenya pri vnedre-nii tochnogo zemledeliya*. [Optimization of nitrogen nutrition of barley in the introduction of precision farming]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2013;(1):15-16. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20328263.

14. Gur'yanov A.M., Artem'ev A.A. *Produktivnost' kul'tur polevogo sevooborota v zavisimosti ot varianta primeneniya mineral'nykh udobreniy.* [The Productivity of crops in field crop rotation depending on the application of mineral fertilizers]. *Resursosberegayushchie ekologicheski bezopasnye tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy 9-y Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf.* [Resource-saving ecologically safe technologies of production and processing of agricultural products: Proceedings of the 9th International scientific and practical Conference.]. Saransk, 2013. pp. 43-45. (In Russ.).

15. Afanas'ev R.A. *Zakonomernosti vnutripol'noy variabel'nosti pokazateley plodorodiya pochvy*. [Regularities of intra-field variability of soil fertility indicators]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012;(1):24-27. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17248065.

16. Belenkov A.I., Tyumakov A.Yu., Umar Sabo, Mokicheva D.S. *Agrokhimicheskaya i biologicheskaya kharakteristika plodorodiya pochvy opytnogo uchastka tsentra tochnogo zemledeliya*. [Agrochemical and biological characteristics of soil fertility on the experimental plot of the centre of precision agriculture]. *Izvestiya TSKhA.* 2013;(3):53-62. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20179856.

17. Sychev V.G., Afanas'ev R.A., Lichman G.I., Marchenko N.M. *Metodika otbora pochvennykh prob po elementarnym uchastkam polya v tselyakh differentsirovannogo primeneniya udobreniy*. [Methods of soil sampling in elementary areas of the field for the purpose of differentiated application of fertilizers]. Moscow, 2007. 36 p. (In Russ.). URL: https://www.twirpx.com/file/1360488/.

18. Lund E.D., Christy C.D., Drummond P.E. Using yield and soil electrical conductiviry (EC) map to derive crop production performance information. Presented at the fifth International Conference on Precision 168 Agriculture. Veris technologies. 2000. pp. 1-8. URL: http://www.veristech.com/images/ecfaq/EC yld analy-sis%20paper 5thconf.pdf

19. Ruß G., Brenning, A. Data Mining in Precision Agriculture: Management of Spatial Information. In: Hüllermeier E., Kruse R., Hoffmann F. (eds.) IPMU 2010. LNCS, vol. 6178. P. 350-359. Springer, Heidelberg. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-14049-5 36.

20. Schellberg J, Hill MJ, Gerhards R, Rothmund M, Braun M. Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. Europ. J. Agronomy 29 (2008). pp. 59-71. URL: https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.05.005.

21. Zhang N., Taylor R. Applications of a field-level geographic information system (GIS) in precision agriculture. Applied Engineering in Agriculture. 2001;17(6):885-892.

22. Goodwin R.J., Miller P.C. H. A review of the technologies for mapping within-field variability. Biosystems Engineering. 2003;84(4):393-407. URL: https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00283-0.

Received: 01.03.2019 Accepted for publication: 08.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Andrey A. Artemjev, DSc in Agriculture, associate professor, leading researcher, principal director of scientific research, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Michurin street, 5, settlement Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8759-8070,** e-mail: artemjevaa@yandex.ru,

Aleksandr M. Guryanov, DSc in Agriculture, professor, director, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Michurina street, 5, r. p. Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2642-1498

ЗООТЕХНИЯ

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.153-162
УДК 636.087.7:636.4

(cc) BY

«Энергосил» в рационах ремонтного молодняка свиней

© 2019. А.А. Суворов[1], Д.Ш. Гайирбегов[1], А.С. Федин[1], А.М. Гурьянов[2]
[1]*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация,*
[2]*Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация*

В статье научно обоснована возможность использования в качестве новой кормовой добавки для ремонтных свинок кремнийсодержащего препарата «Энергосил». В исследованиях, проведённых в условиях свиноводческого комплекса Центра практического обучения специалистов сельского хозяйства Республики Мордовия, на трёх опытных группах ремонтных свинок (по 10 голов в каждой) изучено влияние различных дозировок энергосила (5,0; 7,5 и 10 мг/кг живой массы) на переваримость и использование питательных веществ, энергию роста животных. Выявлена наиболее оптимальная дозировка новой кормовой добавки в их рационах, составляющая 5 мг/кг живой массы животного. Установлено, что свинки из первой опытной группы, получавшие кремнийсодержащую кормовую добавку в таком количестве, лучше переваривали питательные вещества рациона по сравнению с аналогами из остальных групп. В сравнении с контрольной группой переваримость сухого вещества повысилась на 3,62% (p<0,05), органического вещества – на 3,29% (p<0,01), сырого протеина – на 4,09% (p<0,001), жира – на 4,30% (p<0,01), клетчатки – на 3,79% (p<0,01) и безазотистых экстрактивных веществ – на 2,03% (p>0,05). Ремонтные свинки первой опытной группы, получавшие дополнительно к основному рациону «Энергосил» в количестве 5 мг/кг живой массы, удерживали в своем теле азота на 17,1%, кальция – на 55,9% и фосфора – на 69,7% больше, чем их сверстницы контрольной группы, что способствовало увеличению живой массы свинок первой группы по сравнению с контрольными сверстницами на 10,8%. Повышенные дозировки энергосила (7,5 и 10 мг/кг живой массы) также оказали лучшее действие на энергию роста подопытных свинок по сравнению с контрольной группой. Кормовая добавка в количестве 7,5 мг/кг живой массы животного способствовала увеличению массы животных по сравнению с контрольными сверстницами на 6,21 кг, или 4,8% (p< 0,05), с третьей опытной группой на 4,4 кг, или 3,4% (p<0,05). При доведении дозировки энергосила в составе комбикорма до 10 мг/кг, масса тела свинок третьей опытной группы по сравнению с контрольными сверстницами увеличилась на 1,81 кг, или 1,4%(p >0,05).

Ключевые слова: *ремонтные свинки, добавка, группы, питательные вещества, переваримость, живая масса, прирост*

Для цитирования: Суворов А.А., Гайирбегов Д.Ш., Федин А.С., Гурьянов А.М. «Энергосил» в рационах ремонтного молодняка свиней. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):153-162. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.153-162.

Благодарности: Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

«Energosil» in the diets of replacement gilts

© 2019. Aleksandr A. Suvorov[1], Dzhunaydi Sh. Gayirbegov[1], Aleksandr S. Fedin[1], Aleksandr M. Guryanov[2]
[1]*National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation,*
[2]*Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation*

The article gives scientific substantiation of using silicon-containing new feed additive "Energosil" for replacement gilts. The studies were conducted in pig-breeding complex of the Center for Practical Training of Agricultural Specialists in Mordovia Republic. There were three experimental groups of replacement gilts (10 animals each). The effect of various dosages of Energosil (5.0, 7.5, and 10 mg per kg of body weight) on digestibility, nutrient utilization, and animal growth energy was studied. The most optimal dosage of a new feed additive in their rations was revealed, which constituted 5 mg / kg of the animal live weight. It was established that the animals from the first experimental group, who received silicon-containing feed additives of this amount digested the nutrients of the diet better than their counterparts from the other groups. Compared to the control group, the digestibility of dry matter increased by 3.62% (p<0.05), organic matter by 3.29% (p<0.01), crude protein by 4.09% (p<0.001), fat by 4.30% (p<0.01), cellulose by 3.79% (p<0.01) and nitrogen-free extractives by 2.03% (p>0.05).Replacement gilts of the first experimental group, who were given Energosil in the amount of 5 mg / kg body weight in addition to the basic ration, retained nitrogen in their bodies by 17.1%, calcium by 55.9% and phosphorus by 69.7% more than their counterparts from the control group. It contributed to an increase in body weight of gilts from the first group com-

pared to control counterparts by 10.8%. Increased dosages of Energosil (7.5 and 10 mg / kg body weight) also had a better effect on the growth energy of gilts compared with the control group. The feed additive in the amount of 7.5 mg kg of animal live weight contributed to an increase in animal weight compared with control counterparts by 6.21 kg or 4.8% (p<0.05), with a third experimental group by 4.4 kg or by 3.4% (p<0.05). When given Energosil in the dosage of 10 mg/kg, the body weight of gilts from the third experimental group was higher by 1.81 kg or 1.4% (p> 0.05) compared with the control counterparts.

Key words: *replacement gilts, additive, groups, nutrients, digestibility, live weight, gain*

For citation: Suvorov A.A., Gayirbegov D.Sh., Fedin A.S., Guryanov A.M. Energosil in the diets of young pigs. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):153-162. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.153-162.

В последнее время во многих исследованиях стали уделять внимание изучению «новых» минеральных элементов и их соединений, которые отнесены к жизненно необходимым, таким как, например, кремний. Кремнийсодержащие кормовые добавки участвуют во многих обменных процессах, оказывают существенное влияние на энергию роста и развитие животных и птицы, их резистентность [1, 2, 3, 4].

Исследованиями [3, 5, 6] установлено, что у ремонтных свинок и свиноматок, получавших кремнийсодержащие добавки, улучшился азотистый и минеральный обмен, повысились среднесуточные приросты.

В опытах [7, 8] также установили, что включение в состав полноценных комбикормов для птиц неорганических солей кремния способствует интенсификации физиологических процессов в костной ткани, а также повышает общую резистентность их организма.

Одной из таких кремнийсодержащих кормовых добавок нового поколения отечественного производства является «Энергосил». Это комплексный двухкомпонентный препарат, созданный на основе известного кремнийорганического биопрепарата из класса силатранов Мивал (95 г/кг) и синтетического аналога фитогормонов класса ауксинов – Крезацин (трекрезана) (855 г/кг) – триэтоноламмониевая соль ортокрезоксиуксусной кислоты. Количество балластного связующего вещества – 50 г. Разработан и синтезирован в ООО «Флора-Л и К» при Государственном научном центре РФ «Государственный НИИ химии и технологии элементоорганических соединений» (г. Москва) под руководством профессора В.М. Дьякова и члена-корреспондента РАЕН С.В. Логинова.

Согласно литературным данным [6, 9, 10], мивал и крезацин являются малотоксичными веществами, с высоким индексом безопасности применения, обладающими широким спектром активности – антибластическим, антисклеротическим, адаптогенным, антипиретическим, бактерицидным, фунгицидным, инсектецидным действием. Они прошли широкую апробацию на других видах животных и птиц. Так, исследованиями [2, 11] установлено, что совместное использование этих кормовых добавок в рационах молодняка крупного рогатого скота и овец повышает их среднесуточные приросты живой массы и обеспечивает более интенсивное протекание белкового метаболизма.

В опытах [9, 12] использование энергосила в рационах молодок кросса Ломанн Браун-Классик способствовало улучшению их общего физиологического состояния, нормализации обменных процессов в их организме, улучшению резистентности птицы.

Несмотря на достаточную изученность данного препарата на разных половозрастных группах животных и птицы, анализ зоотехнической литературы показал, что до настоящего времени отсутствуют сведения о влиянии добавки «Энергосил» на организм ремонтного молодняка свиней. В связи с этим изучение действия данной кормовой добавки на переваримость и использование питательных веществ рациона, энергию роста свинок является актуальным, имеет определенный научный и практический интерес.

Цель исследований – обосновать возможность использования и установить оптимальную дозу применения в рационах ремонтных свинок кремнийорганического препарата нового поколения «Энергосил» как кормовой биологически активной добавки, изучить его влияние на обмен веществ и энергию роста.

Материал и методы. В условиях свиноводческого комплекса Центра практического обучения специалистов сельского хозяйства Республики Мордовия был проведен научно-хозяйственный опыт продолжительностью семь месяцев.

Для опыта были отобраны 40 голов трёхпородных (Йоркшир, Дьюрок, Ландрас) свинок – помесей-аналогов месячного возраста, которые были разделёны на четыре группы по 10 голов в каждой. Содержание животных во всех группах было одинаковое – в групповых станках.

Кормление подопытных свинок в научно-хозяйственном опыте также было группо-

вым, проводилось в соответствии с рекомендуемыми нормами[1,2].

По содержанию основных питательных веществ рационы кормления свинок также были одинаковыми и отличались между группами лишь количеством вводимой в них кормовой добавки «Энергосил».

Свинки контрольной группы получали основной рацион, состоящий для молодняка 30-42-суточного возраста из полнорационного комбикорма – ПКС-3; 42-60-суточного – СПК-4; 61-104-суточного – СПК-5 и 104-240 суточного возраста – СПК-6. В рационах поросят в зависимости от их возраста содержалось от 1,50 до 4,65 энергетических кормовых единиц, от 413,38 до 3700 г сухого вещества и от 77,26 до 387,37 г переваримого протеина. Аналоги из первой опытной группы в течение семи месяцев опыта, дополнительно к основному рациону, в составе комбикорма получали «Энергосил» в количестве 5 мг на каждый килограмм живой массы животного, а молодняк второй и третьей опытных групп – соответственно по 7,5 и 10 мг/кг живой массы.

С целью выявления действия разных доз «Энергосила» на переваримость и использование питательных веществ рациона на фоне научно-хозяйственного опыта в возрасте 6 месяцев был проведен физиологический опыт по методике ВИЖа[3,4]. Для этого были отобраны по 3 головы ремонтных свинок из каждой группы. В период балансового опыта все животные находились в одинаковых условиях, кормление и содержание животных было индивидуальным в станках.

Препарат в опыте после тщательного смешивания с полнорационным комбикормом задавали молодняку ежедневно из расчета на всю группу, а в балансовом – индивидуально каждому животному. В день завершения балансового опыта, с целью изучения действия кормовой добавки «Энергосил» и контроля состояния здоровья свинок, исследовали кровь, которую брали у 3-х животных из каждой группы утром до кормления.

Полученный цифровой материал исследований обрабатывали на компьютере с использованием программы – «Статистика» версии – 2,6. Изучали и сопоставляли полученные результаты методом групп. Разницу по средним показателям между группами считали достоверной при уровне вероятности (P = 0,05), определенной по критерию Стьюдента по Е.К. Меркурьевой[5].

Результаты и их обсуждение. Результаты проведенного балансового опыта показали, что добавка кремнийсодержащего препарата в состав рациона ремонтных свинок в количестве 5 мг на килограмм живой массы животного достоверно повышает переваримость сухого вещества на 3,62% ($p<0,05$), органического вещества – на 3,29% ($p<0,01$), сырого протеина – на 4,09% ($p<0,001$), жира – на 4,30% ($p<0,01$), клетчатки – на 3,79% ($p<0,01$) и безазотистых экстрактивных веществ – на 2,03% ($p > 0,05$). Вместе с тем, свинки первой опытной группы, на статистически достоверную разницу, лучше переваривали все вышеуказанные питательные вещества, кроме безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) по сравнению с аналогами во второй и третьей опытных группах, получавших в составе рациона повышенные (7,5 и 10 мг/кг живой массы) дозировки энергосила. Следует также отметить, что животные второй опытной группы, получавшие кормовую добавку в количестве 7,5 мг/кг живой массы животного, также, кроме БЭВ, лучше переваривали все питательные вещества по сравнению с аналогами контрольной группы (табл. 1).

Проведенные исследования по определению количества усвоенного азота показали, что баланс этого элемента у молодняка свиней всех групп был положительным, но, в то же время, отмечены различия в степени его удержания в теле в зависимости от количества добавляемого в рационы препарата «Энергосил» (табл. 2). Так, свинки первой опытной группы, получавшие дополнительно к основному рациону «Энергосил» в количестве 5 мг/кг живой массы, удерживали азота в своем теле на 5,1 г, или 17,1% больше ($p<0,01$), чем их сверстницы контрольной группы, на 2 г, или 6,0% ($p<0,05$), чем второй группы и на 3,5 г, или 11,1% ($p<0,01$), чем третьей опытной группы.

[1]Калашников А.П., Клейменов Н.И., Баканов В.Н. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
[2]Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. Стрекозов, Н.И.,Кальницкий Б.Д., Егоров И.А. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с.
[3]Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводствt. М.: Колос, 1976. 304 с.
[4]Томмэ М. Ф. Методика изучения переваримости кормов и рационов. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т животноводства. Отд. кормления. М., 1955. 24 с.
[5]Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1970. 424 с.

Таблица 1 / Table 1

**Переваримость и использование питательных веществ рациона (n = 3) /
Digestibility and nutrient use of the** ration **(n = 3)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Коэффициенты переваримости % / Digestibility rates%:				
сухого вещества / dry substances	69,28±0,35	72,90±0,40*	71,07±0,34*	70,65±0,21
органического вещества / organic substances	72,00±0,36	75,29±0,36**	73,83±0,14**	73,12±0,45
сырого протеина / crude protein	63,60±0,33	67,69±0,20***	65,25±0,41*	64,80±0,29
сырого жира / crude fat	48,59±0,40	52,89±0,38**	50,70±0,38*	49,94±0,31
сырой клетчатки / crude fiber	31,06±0,47	34,85±0,47**	33,18±0,31*	32,02±0,57
БЭВ / NFE	79,11±0,89	81,14±0,77	81,30±0,45	79,72±0,55

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Таблица 2 / Table 2

**Усвоение азота рациона ремонтными свинками, г (n = 3) /
Nitrogen digestion in replacement gilts, g (n = 3)**

Показатель / Indicator	*Группа/ Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Принято с кормом / Taken with feed	59,44±0,44	59,61±0,32	58,72±0,54	59,93±0,39
Выделено с калом / Excreted with feces	21,63±0,06	19,26±0,24	22,99±1,20	21,09±0,29
Переварено / digested	37,81±0,47	40,35±0,08	36,73±1,67	38,84±0,17
Выделено с мочой / Excreted in urine	8,11±0,38	5,55±0,48	3,92±1,29	7,54±0,38
Усвоено / assimilated	29,70±0,79	34,80±0,40**	32,81±0,43	31,30±0,43
% от принятого / % of accepted	49,96±0,97	58,38±0,98**	54,17±0,48	52,22±0,40
% от переваренного / % of digested	78,55±1,25	86,24±1,17**	89,33±2,94	80,58±0,99

**p<0,01

Следует также отметить, что лучшее влияние на усвоение азота из рационов оказала дозировка препарата в количестве 7,5 мг/кг живой массы животного. Молодняк, получавший «Энергосил» в таком количестве, на 3,11 г, или 10,4% (p<0,05) лучше усваивал азот, чем аналоги контрольной группы, и на 1,51 г, или 4,8% (p>0,05), чем третьей опытной группы. Степень усвоения этого элемента от принятого в первой опытной группе по сравнению с контрольными аналогами была выше на 8,42% (p<0,01) по сравнению со второй группой на – 4,21% (p<0,05) и с третьей – на 6,16% (p<0,01). Степень усвоения азота от переваренного в первой опытной группе была выше по сравнению с контрольной на 7,69% (p<0,01), с третьей – на 5,66% (p<0,01), и на 3,09% (p>0,05) ниже по сравнению со второй опытной группой.

В ходе проведения физиологического опыта нами также было изучено влияние различных доз новой кремнийсодержащей кормовой добавки «Энергосил» в рационах ремонтных свинок на использование животными кальция и фосфора рациона.

Результаты исследований показали, что среднесуточное потребление кальция в зависимости от количества добавляемого препарата находилось в пределах 19,70-19,82 г.

(табл. 3). При сопоставлении данных по группам видно, что использование кальция как в абсолютном, так и относительном выражении наблюдается у животных в первой опытной группе, получавших вдобавок к основному рациону кремнийсодержащий препарат «Энергосил» в количестве 5 мг/кг живой массы животного в сутки.

Таблица 3 / Table 3
**Использование кальция рациона ремонтными свинками, г (n = 3) /
Use of calcium in replacement gilts, g (n = 3)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Принято с кормом / Taken with feed	19,70±0,14	19,71±0,09	19,72±0,17	19,82±0,13
Выделено с калом / Excreted with feces	8,50±0,02	6,07±0,73	7,48±0,31	8,36±0,13
Выделено с мочой / Excreted in urine	4,12±0,64	2,60±0,23	3,44±0,22	3,80±0,30
Удержано в теле / Retained in the body	7,08±0,48	11,04±0,48**	8,80±0,41	7,66±0,20
% от принятого / % of accepted	35,94±2,24	56,01±2,56**	44,62±1,94	38,65±1,30

**p<0,01

В организме животных этой группы было отложено 11,04 г кальция, что на 3,96 г, или 55,9% (p<0,01) больше, чем в организме аналогов контрольной группы. Повышенные дозировки кормовой добавки в рационах ремонтных свинок из второй и третьей опытных групп способствовали некоторому снижению удержания кальция в организме свинок по сравнению с первой опытной группой, но удержание этого элемента по сравнению с контрольной было несколько выше.

Что касается фосфора, то баланс этого элемента в организме свинок также был положительным (табл. 4). У молодняка свиней первой опытной группы, получавших добавку «Энергосил» в оптимальном количестве 5 мг/кг живой массы, степень использования фосфора была выше по сравнению с контрольными аналогами на 17,18% (p<0,01), со второй опытной группой – на 11,11% (p<0,05) и с третьей – 13,87% (p<0,001). Во второй и третьей опытных группах, получавших повышенные дозировки «Энергосила» (7,5 и 10 мг/кг живой массы), наблюдали лишь тенденцию к увеличению степени использования этого элемента. В наших исследованиях фосфор в основном выводился через пищеварительный тракт (5,99-9,02 г), потери же этого элемента через почки невелики и составляли – 3,69-3,90 г.

Таблица 4 / Table 4
**Использование фосфора рациона ремонтными свинками, г (n = 3) /
Use of phosphorus ration in replacement gilts, g (n = 3)**

Показатели / Indicators	*Группа / Groups*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Принято с кормом / Taken with feed	16,87±0,17	16,90±0,12	16,89±0,22	17,02±0,16
Выделено с калом / Excreted with feces	9,02±0,01	5,99±0,19	8,08±0,60	8,46±0,43
Выделено с мочой / Excreted in urine	3,75±0,24	3,90±0,10	3,68±0,19	3,86±0,11
Удержано в теле / Retained in the body	4,10±0,29	7,01±0,22	5,13±0,21	4,70±0,15
% от принятого / % of accepted	24,30±1,60	41,48±0,99**	30,37±1,60**	27,61±1,16***

**p<0,01; ***p<0,001

Ежемесячное взвешивание подопытного поголовья в группах позволило проследить динамику роста свинок в течение всего периода наблюдения (табл. 5). Так, живая масса молодняка первой опытной группы, получавшего в составе комбикорма «Энергосил» в количестве 5 мг/кг живой массы, по сравнению с контрольной группой возросла на 13,86 кг, или 10,8% ($p<0,001$), по сравнению со второй группой – на 7,65 кг, или 5,7% ($p<0,01$) и по сравнению с третьей – на 12,05 кг, или 9,2% ($p<0,001$).

Таблица 5 / Table 5

**Динамика живой массы ремонтных свинок, кг (n = 10) /
Dynamics of body weight in replacement gilts , kg (n = 10)**

Возраст свинок, сут / Age of gilts, day	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
30	8,30±0,16	8,00±0,18	8,20±0,17	8,10±0,17
60	24,11±0,28	24,70±0,34	24,50±0,56	24,50±0,37
90	38,20±0,28	40,40±0,52	39,20±0,84	38,70±0,55
120	54,30±0,27	58,80±0,52	56,30±0,81	55,00±0,64
150	73,00±0,34	79,80±0,80	75,70±0,94	74,20±0,51
180	92,00±0,45	100,20±0,87	96,20±0,85	93,30±0,51
210	111,65±0,53	123,30±0,98	117,55±0,95	113,40±0,67
240	128,34±0,60	142,20±0,89***	134,55±1,01**	130,15±0,88

**p<0,01; ***p<0,001

Увеличение количества кормовой добавки в составе комбикорма рациона до 7,5 мг/кг живой массы животного, хотя не обусловило аналогичный прирост, однако масса животных второй опытной группы была на 6,21 кг, или 4,8% выше, чем в контрольной ($p<0,01$) и на 4,4 кг, или 3,4% ($p>0,05$), чем в третьей опытной группе.

Доведение доли добавки «Энергосил» в комбикорме рациона до 10 мг/кг живой массы также способствовало повышению массы тела свинок третьей опытной группы по сравнению с контрольными сверстницами на 1,81 кг, или 1,4% ($p>0,05$).

За период выращивания ремонтных свинок включение в состав комбикорма кормовой добавки в оптимальном количестве (5 мг/кг живой массы) позволило увеличить к концу опыта среднесуточный прирост на 73,67 г по сравнению с контрольной группой ($p<0,05$), на 63,40 г – со второй и на 71,67 г – по сравнению с третьей опытной группой ($p>0,05$) (табл. 6).

Таблица 6 / Table 6

**Среднесуточный прирост живой массы ремонтных свинок, г (n = 10) /
Average daily weight gain of replacement gilts, g (n = 10)**

Возраст, сут / Age, day	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
30-60	527,00±5,56	556,66±6,05	543,33±13,37	546,66±7,80
60-90	469,66±6,56	523,30±7,92	490,00±24,30	473,33±10,90
90-120	536,67±3,26	613,33±7,02	570,00±13,54	543,33±6,68
120-150	623,33±3,06	700,00±13,17	646,66±5,47	640,00±18,44
150-180	633,30±6,52	680,00±5,47	683,33±8,99	636,66±17,95
180-210	655,00±12,34	770,00±16,02	711,66±8,79	670,00±25,55
210-240	556,33±8,17	630,00*±15,27	566,67±13,12	558,33±15,96
В среднем за опыт / Average in experiment	571,61	639,04	601,66	581,19

* p<0,05

Анализ крови показал, что все исследуемые параметры находились в пределах физиологически допустимых норм (табл. 7), что свидетельствует о нормальном развитии и физиологическом состоянии всех подопытных животных. Вместе с тем, следует отметить, что в крови молодняка свиней первой опытной группы, получавших добавку «Энергосил» в количестве 5мг/кг живой массы, наблюдается достоверное увеличение количества эритроцитов по сравнению с аналогами контрольной группы на 7,7% ($p<0,05$); второй опытной группы – на 3,0% ($p>0,05$) и третьей – на 6,7% ($p<0,05$). В крови свинок первой опытной группы количество гемоглобина было выше по сравнению с контрольными аналогами – на 12,4%, аналогами второй опытной группы – на 5,2% и третьей – на 10,2% ($p<0,001$).

Таблица 7 / Table 7
**Морфологический состав крови ремонтных свинок (n = 10) /
The morphological composition of blood of replacement gilts (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Эритроциты, 10^{12}г/л / Red blood cells, 10^{12} g/l	6,21±0,03	6,69±0,12*	6,49±0,04	6,27±0,03
Лейкоциты, 10^{9}г/л / Leukocytes, 10^{9} g/l	9,60±0,10	9,16±0,07*	9,42±0,09	9,38±0,04
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	91,26±0,59	102,60±0,32***	97,50±0,32	93,07±0,07

*p<0,05; ***p<0,001

Оптимальная доза кормовой добавки «Энергосил» в рационах молодняка свиней первой опытной группы способствовала также снижению концентрации лейкоцитов по сравнению с аналогами контрольной группы – на 4,6% ($p<0,05$), второй опытной группы – на 2,8% ($p>0,05$) и третьей – на 2,4% ($p>0,05$).

При анализе действия различных доз изучаемой кормовой добавки на белковый состав крови ремонтных свинок было установлено, что концентрация общего белка под влиянием оптимальной дозы (5 мг/кг живой массы) в первой опытной группе по сравнению с контрольными аналогами повысилась на 5,3% ($p<0,05$); во второй – на 3,4% ($p<0,05$) и в третьей группе – на 5,2% ($p<0,05$) (табл. 8).

Аналогичным было и распределение фракций белка крови. Так, концентрация альбуминов белка крови свинок в первой опытной группе по сравнению с контрольными сверстницами возросла на 2%, второй опытной группе – на 1,02% и третьей – на 0,72% ($p<0,05$).

Таблица 8 / Table 8
**Содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови ремонтных свинок (n = 10) /
The content of total protein and protein fractions in the blood serum of replacement gilts (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Общий белок, г/л/ Total protein, g / l	76,05±0,57	80,10±0,17*	77,40±0,80	76,10±0,95
Альбумины, % / Albumins,%	45,20±0,36	47,20±0,46*	46,18±0,52	46,48±0,68
α-глобулины, % / α-globulins,%	17,13±0,20	16,72±0,11	15,70±0,25	16,10±0,14
β- глобулины, % / β- globulins,%	14,61±0,37	12,02±0,45	14,62±0,48	14,25±0,88
γ- глобулины, % / γ-globulins,%	23,06±0,27	24,06±0,10*	23,50±0,15	23,17±0,11

*p<0,05

Проведенные исследования показали, что из фракций глобулинов наибольший удельный вес занимали гамма-глобулины, причем наибольшую концентрацию наблюдали в сыворотке крови молодняка свиней первой опытной группы. По сравнению с контрольными сверстницами их количество было выше на 1% ($p<0,05$), со второй группой – на 0,56% ($p<0,05$) и с третьей– на 0,89% ($p<0,01$). Что же касается альфа- и бета-глобулинов, содержание их в группе, получавшей данную кормовую добавку в оптимальном количестве, наоборот, снизилось по сравнению с контрольной группой на 0,41% (*p*>0,05) и на 2,59% ($p<0,05$) соответственно. При сравнении со второй и третьей опытными группами концентрация альфа-глобулинов в первой группе была выше на 1,02 и 0,62% ($p<0,05$), а показатели бета-глобулинов, наоборот, ниже – на 2,6% ($p<0,05$) и 2,23% ($p>0,05$).

Таким образом, если учесть, что глобулины, особенно гамма-глобулиновая фракция, повышают защитную функцию организма, то представляется возможным заключить, что изучаемая кормовая добавка «Энергосил» в количестве 5 мг/кг живой массы свинок повышает устойчивость организма к заболеваниям, что особенно важно для растущего молодняка.

Включение добавки «Энергосил» в рационы молодняка свиней в различных количествах определенным образом повлияло и на минеральный состав их крови (табл. 9).

Таблица 9 / Table 9
**Минеральный состав крови ремонтных свинок /
Mineral composition of the blood of replacement gilts**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	контрольная / control	*1 опытная / 1st experimental*	*2 опытная / 2nd experimental*	*3 опытная / 3rd experimental*
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol / л	1,26±0,01	1,65±0,02	1,43±0,02	1,30±0,02
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol / л	2,42±0,04	2,69±0,05	2,62±0,04	2,48±0,04

Результаты анализа крови подопытных свинок показали, что с увеличением в рационе дозировки «Энергосила» снижается количество кальция в крови животных по сравнению с первой опытной группой. Так, во второй опытной группе количество этого элемента стало ниже на 13,4%, а в третьей на 21,2% ($p<0,05$). Что касается контрольных свинок, то в их крови количество кальция было минимальным и составило 1,26 ммоль/л, что меньше, чем в первой опытной группе на 23,7% ($p<0,05$), во второй – на 12% ($p<0,05$) и третьей – на 3,1% ($p<0,05$).

Разные дозировки «Энергосила» в рационах оказали определённое влияние и на содержание фосфора в крови ремонтных свинок. При оптимизации данной добавки, концентрация этого элемента в крови свинок первой опытной группы по сравнению со сверстницами контрольной группы увеличивалась на 11,1% ($p<0,01$), второй опытной группы – на 2,6% ($p<0,05$) и третьей – на 8,5% ($p>0,01$). Однако следует отметить, что все изменения по изучаемым элементам находились в пределах физиологической нормы.

Заключение. Таким образом, на основании полученных в научно-хозяйственном опыте данных выявлена наиболее оптимальная дозировка новой кормовой добавки «Энергосил» в рационах ремонтных свинок, составляющая 5 мг на каждый килограмм живой массы животного**.** При включении в состав рациона ремонтных свинок рекомендуемой дозы кремнийорганического препарата «Энергосил» создаются наиболее благоприятные условия для переваривания питательных веществ, усвоения азота, использования фосфора и кальция рациона, увеличения энергии роста ремонтных свинок, а также нормализации состава их крови.

Список литературы

1. Гайирбегов Д.Ш., Федин А. С., Богатырёв В.А. «Ферросил» в рационах нетелей. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014;(1):52-55. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21367223.

2. Гурьянов А.М., Петуненков С.В., Борин А.В., Макаров И.И. Эффективность скармливания телятам кормовых добавок натуфос и крезацин в составе комбикорма. Зоотехния. 2007;(10):10-12. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=11781372.

3. Дёмин В.В., Крисанов А.Ф., Лямкаева А.П. Влияние феррозана на репродуктивные качества свиноматок // Современные научные тенденции в животноводстве: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения П.Г. Петского: В 2-х частях. Киров: ФГОУ ВПО ВГСХА, 2009. С. 84.

4. Федин А.С., Гайирбегов Д.Ш., Смирнова Н.В., Тикшайкин Р.Н., Богатырев В.А. Влияние разных доз крезооферана на воспроизводительные способности свиноматок. XXXIX Огаревские чтения материалы научной конференции: в 3 частях. Саранск: ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский Мордовский ГУ им. Н.П. Огарёва", 2011. С. 145-147.

5. Кадрашкина Т.Н., Гайирбегов Д.Ш., Федин А.С., Дьяков В.М. Влияние биологически активной добавки «Ферросил» на показатели крови ремонтных свинок. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005;(6):122-124. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=12875438.

6. Симонов Г., Гайирбегов Д., Федин А., Суворов А. Кремнийсодержащая добавка для молодняка свиней. Комбикорма. 2018;(2):46-48.

7. Carlisle E.M. In vivo requirement for silicon in articular cartilage and connective for mation in the shick. J. Nutrion. 1976;16:474-478. URL: http://www.biomedsearch.com/nih/In-vivo-requirement-silicon-in/1255267.html

8. Merkley I.W. The effect of sodium fluoride on egg production, egg quality and bone strength of caged layers. Poultry Science. 1981;4:771-776. URL: http://www.biomedsearch.com/nih/effect-sodium-fluoride-egg-production/7301737.html.

9. Денисов Д.А., Федин А.С. Использование кремнийорганической биологически активной добавки в рационах кур-несушек. Зоотехния. 2013;(9):16-17. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=20310651.

10. Сушков В.С., Лобанов К.Н., Гонтюров А.И. Влияние добавки «Черказ» на переваримость питательных веществ рационов цыплятами бройлерами кросса «Росс308». Вестник мичуринского государственного аграрного университета. 2013;(4):43-44. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21003992.

11. Федин А.С., Маркин С.Д. Кремний в рационах молодняка овец. XXII Огаревские чтения: тезисы научн. конф. Саранск, 1993. С. 207.

12. Денисов Д.А.Влияние кремнийорганического препарата «Энергосил» на морфологические показатели крови кур-несушек. Ресурсосберегающие экологически безопосные технологии получения сельскохозяйственной продукции: Материалы VII Междунар. научн.-практ.конф., посвященной памяти проф. С.А. Лапшина. Саранск, 2011. С.74-75.

Поступила: 17.11.2018 Принята к публикации: 05.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Суворов Александр Анатольевич, аспирант кафедры зоотехнии имени профессора С.А.Лапшина, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», ул. Большевистская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru, e-mail: kafedra_zoo@mail.ru,

Гайирбегов Джунайди Шарамазанович, доктор с.-х. наук, профессор кафедры зоотехнии имени профессора С.А. Лапшина, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», ул. Большевистская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru,

Федин Александр Сергеевич, доктор с.-х. наук, профессор кафедры зоотехнии имени профессора С.А.Лапшина, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», ул. Большевистская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru,

Гурьянов Александр Михайлович, доктор с.-х. наук, профессор, директор, Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2642-1498.**

References

1. Gayirbegov D.Sh., Fedin A. S., Bogatyrev V.A. *«Ferrosil» v ratsionakh neteley.* [«Ferrosil» in heifer rations]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2014;(1):52-55. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21367223.

2. Gur'yanov A.M., Petunenkov C.B., Borin A.B., Makarov I.I. *Effektivnost' skarmlivaniya telyatam kormovykh dobavok natufos i krezatsin v sostave kombikorma*. [The effectiveness of feeding calves with feed additives Natufos and Kresatsin as part of feed]. *Zootekhniya*. 2007;(10):10-12. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=11781372.

3. Demin V.V, Krisanov A.F., Lyamkaeva A.P. *Vliyanie ferrozana na reproduktivnye kachestva svinomatok*. [The influence of Ferrosan on the reproductive qualities of sows]. *Sovremennye nauchnye tendentsii v zhivotnovodstve: Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya P.G. Petskogo: V 2-kh chastyakh*. [Modern scientific trends in animal husbandry: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary P. G. Petsky: In 2 parts]. Kirov: *FGOU VPO VGSKhA*, 2009. p. 84. (In Russ.).

4. Fedin A.S., Gayirbegov D.Sh., Smirnova N.V., Tikshaykin R.N., Bogatyrev V.A. *Vliyanie raznykh doz krezooferana na vosproizvoditel'nye sposobnosti svinomatok*. [The effect of different doses of Cresoopheran on the reproductive ability of sows]. *XXXIX Ogarevskie chteniya materialy nauchnoy konferentsii: v 3 chastyakh*. [The 39th Ogarevsky reading materials of the scientific conference: in 3 parts]. Saransk: *FGBOU VPO "Natsional'nyy issledovatel'skiy Mordovskiy GU im. N.P. Ogareva"*, 2011. pp. 145-147. (In Russ.).

5. Kadrashkina T.N., Gayirbegov D.Sh., Fedin A.S., D'yakov V.M. *Vliyanie biologicheski aktivnoy dobavki «Ferrosil» na pokazateli krovi remontnykh svinok*. [The influence of the biologically active additive "Ferrosil" on the blood indices of pigs]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2005;(6):122-124. (In Russ.). Rezhim dostupa: https://elibrary.ru/item.asp?id=12875438.

6. Simonov G., Gayirbegov D., Fedin A., Suvorov A. *Kremniysoderzhashchaya dobavka dlya molodnyaka sviney*. [Silica-containing additive for young pigs]. *Kombikorma*. 2018;(2):46-48. (In Russ.).

7. Carlisle E.M. In vivo requirement for silicon in articular cartilage and connective for mation in the shick. J. Nutrion. 1976;16:474-478. URL: http://www.biomedsearch.com/nih/In-vivo-requirement-silicon-in/1255267.html

8. Merkley I.W. The effect of sodium fluoride on egg production, egg quality and bone strength of caged layers. Poultry Science. 1981;4:771-776. URL: http://www.biomedsearch.com/nih/effect-sodium-fluoride-egg-production/7301737.html.

9. Denisov D.A., Fedin A.S. *Ispol'zovanie kremniyorganicheskoy biologicheski aktivnoy dobavki v ratsionakh kur-nesushek*. [The use of organosilicon biologically active additives in the rations of laying hens]. *Zootekhniya*. 2013;(9):16-17. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20310651.

10. Sushkov V.S., Lobanov K.N., Gontyurov A.I. Vliyanie dobavki *«Cherkaz» na perevarimost' pitatel'nykh veshchestv ratsionov tsyplyatami broylerami krossa «Ross308».* [The effect of the Cherkaz additive on the digestibility of nutrients in rations of Ross308 cross broiler chickens]. *Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2013;(4):43-44. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21003992.

11. Fedin A.S., Markin S.D. *Kremniy v ratsionakh molodnyaka ovets*. [Silicon in the diets of young sheep]. *XXII Ogarevskie chteniya: tezisy nauchn. konf.* [The 22nd Ogarevsky readings: abstracts of scientific Conference.]. Saransk, 1993. p. 207.

12. Denisov D.A.*Vliyanie kremniyorganicheskogo preparata «Energosil» na morfologicheskie pokazateli krovi kur-nesushek*. [Influence of the organosilicon preparation “Energosil” on the morphological parameters of the blood of laying hens]. *Resursosberegayushchie ekologicheski bezoposnye tekhnologii polucheniya sel'skokhozyaystvennoy produktsii: Materialy VII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashchennoy pamyati prof S.A. Lapshina*. [Resource-saving ecologically safe technologies for obtaining agricultural products: Proceedings of the 7th Intern. Scientific and Practical Conference in memory of professor S.A. Lapshin]. Saransk, 2011. pp.74-75.

Received: 17.11.2018 Accepted for publication: 05.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Aleksandr A. Suvorov, postgraduate, the Chair of Zootechnics named after S.A. Lapshin, National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru, e-mail: kafedra_zoo@mail.ru,

Dzhunaydi Sh. Gayirbegov, DSc in Agriculture, professor, the Chair of Zootechnics named after S.A. Lapshin, National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru,

Aleksandr S. Fedin, DSc in Agriculture, professor, the Chair of Zootechnics named after S.A. Lapshin, National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430005, e-mail:dep-general@adm.mrsu.ru,

Aleksandr M. Guryanov, DSc in Agriculture, professor, director, Mordovia Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Michurin street, 5, s. Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2642-1498.

ОХОТОВЕДЕНИЕ/GAME MANAGEMENT

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.163-171
УДК 639.1:349.6: 342.951

(cc) BY

Особенности производственного охотничьего контроля в России и принципы его развития

© 2019. И.А. Гребнев[1,2,3], М.Н. Андреев[4]
[1]*ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Российская Федерация,*
[2]*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Российская Федерация,*
[3]*АНО «Институт природоресурсного и экологического права», г. Киров, Российская Федерация,*
[4]*Министерство лесного хозяйства Кировской области, г. Киров, Российская Федерация*

В статье анализируется ряд основных положений производственного охотничьего контроля как правовой меры обеспечения охраны и рационального использования охотничьих ресурсов и среды их обитания. Работа проводилась на основе системного подхода с использованием комплексного и исторического методов, формально-логического анализа, методов классификации, аналогии, правового моделирования и юридического толкования. Приводится классификация охотничьего контроля и показано, что охотничий контроль представляет собой отдельное направление экологического контроля, а производственный охотничий контроль является видом негосударственного охотничьего контроля. Показана историческая обусловленность и причины внедрения института производственного охотничьего контроля в современную природоохранную практику России. Предлагается определение понятия «производственный охотничий контроль». Рассмотрена специфика производственного охотничьего контроля. Отмечено, что в числе его особенностей – направленность на обеспечение сохранения, воспроизводства и рационального использования охотничьих ресурсов путем выявления, предупреждения и пресечения нарушений обязательных требований законодательства об охоте и сохранении охотничьих ресурсов; наделение охотпользователей государственно-властными полномочиями, свойственными органам государственного охотничьего надзора; смешанный, внешний и внутрихозяйственный характер, предполагающий возможность осуществления как в отношении независимых от охотпользователя граждан и организаций, так и в отношении работников и структурных подразделений долгосрочных охотпользователей. Определены принципы развития производственного охотничьего контроля, показана необходимость их специального нормативного закрепления в законодательстве об охоте и сохранении охотничьих ресурсов. Предложенная система принципов может стать основой для решения научных и практических задач производственного охотничьего контроля, обеспечения системности и стабильности правового регулирования в данной сфере.

Ключевые слова: *охота, сохранение охотничьих ресурсов, охотничье хозяйство, экологический контроль, рациональное природопользование, долгосрочные охотпользователи*

Для цитирования: Гребнев И.А., Андреев М.Н. Особенности производственного охотничьего контроля в России и принципы его развития. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):163-171. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.163-171.

Благодарности: Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Features of industrial hunting control in Russia and principles of its development

© 2019. Ivan A. Grebnev[1,2,3], Mikhail N. Andreev[4]
[1]*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russian Federation,*
[2]*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, Russian Federation,*
[3]*Institute of natural resources and environmental law, Kirov, Russian Federation,*
[4]*Ministry of forestry of the Kirov region, Kirov, Russian Federation*

The article analyzes a number of the main aspects of industrial hunting control as a legal measure for providing protection and rational use of game resources and their habitats. The study was carried out on the basis of systemic approach using complex and historic methods, formal and logistic analyses, methods of classification, analogue, law simulation and legal interpretation. The article gives the classification of hunting control as a separate direction of environmental control and presents industrial hunting control as a kind of non-state hunting management. Historic conditions and reasons for introduction of industrial hunting control into the system of environment protection in Russia are shown. The definition

of the concept « industrial hunting control» is proposed and specific features of this process are pointed out. One of these features is the focus on the conservation, reproduction and rational use of game resources through detecting, preventing and restraint of violation of regulatory requirements of hunting and game resources conservation law. The next specific is giving authoritative powers characteristic of state hunting supervision bodies to hunting providers. Industrial hunting control also features mixed, external and internal nature that means the ability of its implementation with regard to both individuals and organizations irrespective of hunting providers and workers and subdivisions of long-term hunting providers. The principles of industrial hunting control development have been outlined and current need for their special legitimization in the law of hunting and game resources conservation is shown. The proposed system of principles can become the basis for solving scientific and practical problems of industrial hunting control, ensuring consistency and stability of legal regulation in this area.

Key words: *hunting, preservation of game resources, hunting ground, environmental control, rational use of natural resources, long-term hunting providers*

For citation: Grebnev I.A., Andreev M.N. Features and principles of production hunting control. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):163-171. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081. 2019.20.2.163-171.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации земля и другие природные ресурсы используются и охраняются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Экологическая доктрина Российской Федерации, одобренная распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.08.2002 № 1225-р[1], исходит из того, что сохранение природы и улучшение окружающей среды являются приоритетными направлениями деятельности государства и общества.

Важнейшим способом решения указанных задач является экологический контроль, в широком смысле понимаемый как осуществляемая уполномоченными субъектами система мероприятий по охране, воспроизводству и рациональному использованию природных ресурсов (предотвращение, выявление и пресечение нарушений законодательства, обеспечение соблюдения юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами обязательных требований в области охраны окружающей среды и природопользования).

В 2009 году Федеральным законом от 24.07.2009 № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[2] в практику охотничьего природопользования введен новый вид контрольной деятельности – производственный охотничий контроль. Это стало ответом государства на общественную потребность в усилении охраны охотничьих ресурсов и обеспечении их рационального использования силами хозяйствующих субъектов, осуществляющих пользование объектами животного мира. Наделив долгосрочных охотпользователей правомочиями по предупреждению, выявлению и пресечению нарушений охотничьего законодательства, государство фактически восстановило часть прав по охране охотничьих животных и угодий, которыми они располагали ранее до вступления в силу в 2002 г. Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях[3]. О природоохранной роли охотничьих хозяйств в этот период можно судить по таким цифрам: до 2002 г. на территории Российской Федерации штатными работниками охотпользователей ежегодно вскрывалось 7,5-8,5 тыс. нарушений охотничьего законодательства, что вместе с деятельностью общественной инспекции, выявлявшей 2,5-3,0 тыс. нарушений в год, составляло пятую часть всех правонарушений в сфере охоты[4]. Поэтому нормативное закрепление соответствующих прав охотпользователей, формирование правового механизма производственного охотничьего контроля стало важным этапом совершенствования деятельности по охране охотничьих животных и охотничьих угодий в современных условиях.

Возникновение производственного охотничьего контроля как нового для современной России правового и хозяйственного явления требует научного анализа теоретических и практических вопросов его осуществления.

[1]Распоряжение Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р «Об Экологической доктрине Российской Федерации». "Собрание законодательства РФ", 09.09.2002, № 36, ст. 3510; "Российская газета", № 176, 18.09.2002.

[2]Федеральный закон от 24 июля 2009 № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 30.03.2018) // СЗ РФ. 2009. № 30. Ст. 3735; «Российская газета». 2009. № 137.

[3]Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ. "Российская газета", № 256, 31.12.2001; "Парламентская газета", № 2-5, 05.01.2002; "Собрание законодательства РФ", 07.01.2002, № 1 (ч. 1), ст. 1.

[4]Андреев М.Н., Краев Н.В., Краева В.Н. Производственный охотничий контроль: Научно-методическое пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 336 с.

Это тем более важно, поскольку формирование и внедрение механизма производственного охотничьего контроля в современное законодательство и практическую деятельность проходило без очевидного участия охотоведческой науки и охотничьей общественности.

С учетом изложенного, ***цель исследования*** состояла в рассмотрении основополагающих начал: особенностей и принципов производственного охотничьего контроля для развития теоретических взглядов на охотничий и экологический контроль, создания правовых и организационных условий повышения эффективности деятельности охотничьих хозяйств по сохранению, воспроизводству и рациональному использованию охотничьих ресурсов.

Задачи исследования состояли в установлении места производственного охотничьего контроля в системе экологического контроля, рассмотрении его специфики, разработке системы принципов производственного охотничьего контроля и их характеристике, решении вопроса о необходимости нормативного закрепления предложенных принципов.

Материал и методы. В процессе исследования анализировались литературные источники, действующее законодательство и практический опыт осуществления экологического и охотничьего контроля, в том числе федерального государственного надзора в области охраны и использования объектов животного мира, федерального государственного охотничьего надзора, производственного охотничьего контроля.

Работа проводилась на основе системного подхода с использованием комплексного и исторического методов, формально-логического анализа, методов классификации, аналогии, правового моделирования и юридического толкования.

Результаты и их обсуждение. В настоящее время государственная политика в области охоты и сохранения охотничьих ресурсов находится в процессе формирования и совершенствования [1, 2, 3], сопровождающаяся переосмыслением её целей, задач и механизмов осуществления, восприятием потребностей практики охотпользования, опыта, накопленного в других сферах деятельности, приданием им нормативного характера и обеспечением реализации посредством права [4, 5, 6]. Одним из результатов развития государственной политики в сфере охоты и сохранения охотничьих ресурсов в современных условиях является введение в современное законодательство положений о производственном охотничьем контроле.

Появление в охотничьем законодательстве производственного охотничьего контроля, как правовой меры обеспечения охраны и рационального использования охотничьих ресурсов и среды их обитания, обусловлено несколькими причинами, характерными для современного периода развития охоты и охотничьего хозяйства. В их числе:

– увеличение рисков истощения биоразнообразия и устойчивого существования охотничьих ресурсов вследствие неоднократного реформирования государственного управления охраной и использованием животного мира и вызванного этим существенного ослабления государственного охотничьего надзора, снижением природоохранной эффективности государственного управления рассматриваемой сферы в целом;

– ослабление административно-правового механизма охраны животного мира и упразднение норм законодательства, наделявших работников охотничьих хозяйств полномочиями по предупреждению, выявлению и пресечению нарушений правил охоты;

– ухудшение финансирования специально уполномоченных в области охраны и использования животного мира и среды его обитания государственных органов, наделения их полномочиями, не обеспеченными денежными ресурсами, необходимыми для их реализации;

– снижение уровня охотничьей культуры у значительной части охотничьего населения, усиление тенденции потребительского отношения к использованию природных ресурсов, стимулируемого развитием рыночных отношений в сфере природопользования;

– обеспокоенность ученых, специалистов по охране и использованию животного мира, общественности складывающейся в данной сфере ситуацией.

В результате действия указанных факторов сформировалась и поддерживается социальная потребность в изменении сложившейся в охотпользовании ситуации, характеризующейся существенным ослаблением контроля над охраной и использованием охотничьих ресурсов, сохранением и развитием возможностей их нерационального, истощительного использования.

В числе мер по её преодолению специалисты охотничьего хозяйства, общественные организации и охотники указывают на необходимость наделения работников юридических лиц и индивидуальных предпринимате-

лей, осуществляющих пользование охотничьими ресурсами, полномочиями, позволяющими осуществлять их охрану от нарушителей правил охоты и составлять протоколы об административных правонарушениях.

Отсутствие указанных полномочий в законодательстве об административных правонарушениях, наряду с ослаблением государственного охотничьего надзора и отсутствием юридических механизмов, допускающих самостоятельную деятельность общественных охотничьих инспекторов, является одной из причин ухудшения охраны животного мира на территории Российской Федерации, возникновения критической ситуации в управлении популяциями отдельных видов охотничьих ресурсов.

Рассматриваемая проблема отражает одно из противоречий, характерных для современного периода развития охоты и охотничьего хозяйства. Оно выражается в реализации в процессе государственного управления моделей конфликтной государственной политики, проявляющейся в противопоставлении специально уполномоченных органов государственного управления негосударственным организациям, осуществляющим деятельность по охране и использованию животного мира, непосредственно не связанным с государственным управлением, научным организациям, специалистам охотничьего хозяйства, а также отраслевому гражданскому сообществу.

В течение ряда лет данный вопрос обострялся и стал непосредственно влиять на общественную оценку природоохранной эффективности деятельности не только исполнительной, но и представительной власти. Для её решения законодателем был использован закрепленный в экологическом праве механизм производственного контроля в области охраны окружающей среды. Поэтому уже в первую редакцию Федерального закона об охоте и сохранении охотничьих ресурсов законодателем было включено положение о производственном охотничьем контроле. В дальнейшем оно получило развитие, и к настоящему времени деятельность по осуществлению производственного охотничьего контроля оформилась в самостоятельную группу взаимосвязанных между собой юридических норм, определяющих права и обязанности государственных органов и охотничьих хозяйств в области контроля над соблюдением законодательства об охоте и сохранении охотничьих ресурсов.

Анализ сущности и содержания экологического и охотничьего контроля показывает, что их основной функцией является экологическая. Особенность реализации экологической функции применительно к экологическому и охотничьему контролю состоит в том, что критерием оценки хозяйственной и иной деятельности при проведении соответствующих мероприятий является соблюдение требований законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования, охоты и сохранения охотничьих ресурсов. Исходя из широкого понимания экологического контроля как деятельности, направленной на обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов специальными методами, и представлений о системообразующем характере природоохранной направленности охотничьего контроля, предложена следующая классификация экологического и охотничьего контроля (рис.).

Рис. **Структура охотничьего контроля** / *Fig*. **Hunting control structure**

Как показано на рисунке, производственный охотничий контроль является одним из направлений экологического контроля и видом негосударственного охотничьего контроля.

К настоящему времени в охотничьем законодательстве вопросы осуществления производственного охотничьего контроля прямо и косвенно регулируются более чем 9 нормативными правовыми актами. Их анализ и сравнение с законодательными актами, регламентирующими другие виды производственного экологического контроля, позволяет охарактеризовать специфику производственного охотничьего контроля. В рамках данного исследования можно указать на следующие его особенности:

– направленность производственного охотничьего контроля на обеспечение сохранения, воспроизводства и рационального использования охотничьих ресурсов путем выявления, предупреждения и пресечения нарушений обязательных требований законодательства об охоте и сохранении охотничьих ресурсов. Это особенность, с одной стороны, отражает обособленный предмет производственного охотничьего контроля и охотничьего контроля в целом, а, с другой стороны, является основанием для его отнесения к сфере экологического контроля;

– долгосрочные охотпользователи и их работники, осуществляющие производственный охотничий контроль, наделены государственно-властными правомочиями, которыми также обладают органы государственного охотничьего надзора и уполномоченные на его осуществление должностные лица. Хозяйствующие субъекты, осуществляющие иные виды производственного экологического контроля, такими правомочиями не обладают;

– производственный охотничий контроль имеет смешанный, внешний и внутрихозяйственный характер и может осуществляться как в отношении независимых от охотпользователя граждан и организаций, так и в отношении работников и структурных подразделений долгосрочных охотпользователей. Также производственному охотничьему контролю свойственны признаки вневедомственного и внутриведомственного контроля. Напротив, производственный экологический контроль других видов, как правило, осуществляется в отношении собственных работников и структурных подразделений хозяйствующих субъектов и имеет ведомственный и внутрихозяйственный характер.

Анализ нормативных охотничьих правовых актов в исторической ретроспективе показывает, что они содержали положения, наделявшие охотпользователей правами по охране охотничьих угодий от нарушителей правил охоты. Так, указания на охотничьих сторожей полей, лесов и охотничьих обществ содержатся в Законе «Об охоте» 1892 г.[5] В Декрете об охоте от 20 июля 1920 г.[6] наряду с государственными органами обязанность по охране угодий от нарушителей правил охоты возлагалась на охотничьи хозяйства и охотничью общественность. Положением об охотничьем хозяйстве 1930 г.[7] на государственные и кооперативные предприятия и общественные организации возлагалась обязанность организовать специальный охотничий надзор и наблюдение за выполнением правил производства охоты и за охраной охотничьих угодий. Аналогичные нормы содержались и в Положении об охоте и охотничьем хозяйстве РСФСР 1960 г.[8]

Таким образом, современный производственный охотничий контроль, как правовое явление, имеет исторически обусловленный характер и представляет собой реализацию традиционной деятельности охотпользователей по охране охотничьих ресурсов и угодий от нарушителей правил охоты современными юридическими средствами.

Рассмотрение производственного охотничьего контроля с указанных позиций позволяет определить систему принципов, в соответствии с которыми должна осуществляться и развиваться данная деятельность. Таких принципов нами сформулировано одиннадцать.

1. *Обеспечение сохранения, воспроизводства и рационального использования охотничьих ресурсов при осуществлении производственного охотничьего контроля.* Данный принцип характеризует природоохранную направленность производственного охотничьего

[5]Высочайше утвержденные Правила об охоте от 3 февраля 1892 г. // Полное собрание законов Российской Империи. СПб.: Государственная типография, 1895. Собрание Третье. Т. 12 (1892). № 8301. С. 81-85.
[6]Об охоте: декрет Совнаркома РСФСР от 20 июля 1920 г. // СУ РСФСР. 1920. № 66,ст. 297.
[7]Положение об охотничьем хозяйстве РСФСР:утв. постановлением ВЦИК и СНК РСФСР от 10 февраля 1930 г. СУ РСФСР. 1930. № 9, ст. 109.
[8] Положение об охоте и охотничьем хозяйстве РСФСР [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Совмина РСФСР от 10.10.1960 № 1548. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

контроля и обеспечивает его единство с целями и задачами охотничьего контроля, государственного и корпоративного управления в области охоты и сохранения охотничьих ресурсов, охраны и использования животного мира и среды его обитания, сохранения биоразнообразия, охраны окружающей среды и рационального природопользования.

2. *Приоритет прав и законных интересов человека и гражданина при проведении производственного охотничьего контроля.* Указанный принцип непосредственно вытекает из требований действующего законодательства. Он предполагает, что производственные охотничьи инспектора, осуществляющие публично значимые функции и наделенные государством властными правомочиями, при проведении мероприятий по контролю обязаны признавать, соблюдать и защищать права и свободы человека и гражданина.

3. *Законность производственного охотничьего контроля.* Принцип законности означает, что производственный охотничий контроль должен проводиться в соответствии с законодательством Российской Федерации и субъектов Российской Федерации в рамках предоставленных охотпользователям правомочий. Он может осуществляться только лицами, получившими статус производственного охотничьего инспектора, и только в закрепленных охотничьих угодьях, с соблюдением порядка и требований, установленных нормативными правовыми актами в сфере охоты и сохранения охотничьих ресурсов.

4. *Профессионализм и компетентность производственных охотничьих инспекторов.* Деятельность производственных охотничьих инспекторов должна быть направлена на обеспечение охраны охотничьих ресурсов и среды их обитания, рационального охотпользования, то есть на соблюдение частного и публичного экологического интереса. Для её осуществления производственные охотничьи инспектора наделяются государственно-властными правомочиями: установленными законодательством правами и обязанностями в отношении лиц, находящихся и не находящихся с ними в отношениях подчиненности. В силу этого принцип профессионализма и компетентности требует от производственных охотничьих инспекторов специальных знаний, навыков и умений, необходимых для осуществления своей трудовой деятельности, их систематической актуализации и совершенствования.

5. *Объективность производственного охотничьего контроля.* Согласно данному принципу действия и решения инспекторов, при проведении производственного охотничьего контроля должны основываться на достоверных и полных данных о деятельности контролируемых субъектов. Предвзятое отношение производственного охотничьего инспекторы к проверяемым лицам исключается. Результаты контроля должны быть достоверными, заведомо не искаженными.

6. *Обязательность и регулярность производственного охотничьего контроля.* При осуществлении производственного охотничьего контроля следует исходить из того, что его проведение является не только правом, но и обязанностью юридических лиц и индивидуальных предпринимателей – долгосрочных охотпользователей, которым необходимо осуществлять контрольную деятельность на постоянной и плановой основе.

7. *Системность производственного охотничьего контроля.* Производственный охотничий контроль следует осуществлять системно. Методологически и организационно он должен быть встроен в систему экологического контроля на территории соответствующего субъекта Российской Федерации, проводиться во взаимодействии с государственными и муниципальными органами, хозяйствующими субъектами и гражданами.

8. *Самостоятельность и независимость субъектов производственного охотничьего контроля.* Данный принцип означает, что долгосрочные охотпользователи должны быть самостоятельны в планировании и реализации мероприятий производственного охотничьего контроля. Финансирование соответствующих мероприятий должно обеспечиваться за счет средств хозяйствующего субъекта. Государственные органы определяют порядок осуществления производственного охотничьего контроля, взаимодействуют и контролируют, но прямо не вмешиваются в его проведение. Долгосрочные охотпользователи, производственные охотничьи инспектора не обязаны предварительно информировать государственные органы и иных лиц о планируемых мероприятиях по контролю.

9. *Ответственность производственных охотничьих инспекторов за нарушение законодательства в сфере охоты и сохранения охотничьих ресурсов.* За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанностей по осуществлению производственного охотничь-

его контроля уполномоченные на его осуществление лица должны нести ответственность в соответствии с действующим законодательством. В предусмотренных законодательством случаях, производственный охотничий инспектор может быть лишен своего статуса.

10. *Обязательность рассмотрения уполномоченными государственными органами в сфере охоты и сохранения охотничьих ресурсов материалов производственного охотничьего контроля.* Производственный охотничий контроль является важным элементом системы охотничьего контроля. Документы, составляемые по его итогам, могут являться основанием для возбуждения административных и уголовных дел, источником информации о состоянии законности в охотничьих угодьях, соблюдении прав и законных интересов граждан. Рассмотрение и анализ материалов производственного охотничьего контроля должны быть обязанностью уполномоченного государственного органа. Несоблюдение данного принципа следует рассматривать в качестве основания для привлечения виновных должностных лиц к дисциплинарной и другим видам ответственности.

11. *Социальная защищенность производственных охотничьих инспекторов.* Деятельность производственных охотничьих инспекторов связана с реализацией отдельных властных правомочий, необходимых для обеспечения соблюдения как частного, так и публичного интереса. Данная деятельность в силу своей природоохранной специфики непосредственно сопряжена с наличием угроз жизни, здоровью, имуществу производственного охотничьего инспектора и членов его семьи. Эффективность производственного охотничьего контроля во многом зависит от уровня оплаты труда производственного охотничьего инспектора, его обеспеченности специальными средствами, гарантиями, предоставляемых ему и членам его семьи при получении травм или смерти при исполнении трудовых обязанностей.

Нерешенность вопросов социальной защищенности в настоящее время является одной из значимых причин, способствующих формальному отношению производственного охотничьего инспектора к проведению контроля, снижению его качества и недостаточной эффективности в целом.

Необходимо отметить, что современная ситуация в сфере экологического контроля характеризуется рядом проблем, отрицательно влияющих на его эффективность [7, 8, 9], возможность обеспечения сохранения и рационального использования природных, в том числе охотничьих, ресурсов [10, 11, 12]. Обозначенная проблематика характерна и для охотничьего контроля, в том числе производственного [13, 14, 15]. Учитывая это, предложенная система принципов производственного охотничьего контроля включает актуальные для современного этапа его развития положения, представляющие собой экологические, правовые, организационные и, косвенно, финансовые основы осуществления производственного охотничьего надзора, обеспечивающие условия для разрешения существующих в данной области проблем.

Необходимо отметить, что принципы производственного охотничьего контроля могут быть выведены методами аналогии и юридического толкования из принципов-норм уже существующих в современном российском законодательстве. Однако, как показывает проблематика экологического и охотничьего контроля, такой способ закрепления является недостаточным для формирования системных взглядов на основы производственного охотничьего контроля и придания им юридически значимого статуса. В связи с этим целесообразно прямое закрепление принципов производственного охотничьего контроля в профильном нормативном правовом акте.

Заключение. Таким образом, производственный охотничий контроль является одним из направлений экологического контроля и видом негосударственного охотничьего контроля, представляющим собой исторически обусловленную деятельность охотничьих хозяйств по охране охотничьих животных и угодий. Его особенностями являются: направленность на обеспечение сохранения, воспроизводства и рационального использования охотничьих ресурсов путем выявления, предупреждения и пресечения нарушений обязательных требований законодательства об охоте и сохранении охотничьих ресурсов; наделение долгосрочных охотпользователей и их уполномоченных работников государственно-властными правомочиями; смешанный, внешний и внутрихозяйственный характер. Предложенная система принципов производственного охотничьего контроля включает экологические, правовые и организационно-финансовые требования к его осуществлению. Рекомендуется прямое закрепление указанных принципов в законодательстве об охоте и сохранении охотничьих ресурсов.

Список литературы

1. Андреев М.Н., Краев Н.В., Краева В.Н. О государственном управлении охраной и использованием животного мира. Вестник охотоведения: науч.-практ. и теорет. журнал. 2013;(1):95-107.

2. Боголюбов С.А. Реализация экологической политики посредством права [Электронный ресурс]: монография. Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации. М.: "ИНФРА-М", 2015. 320 с. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант». Версия от 04.12.2015.

3. Винобер А.В. Охотничье хозяйство: будет ли эпоха возрождения? Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2016;(1):5-16. Режим доступа: http://www.biosphere-sib.ru/scientific-practical-journals/Гуманитарные%20аспекты%20охоты_1_2016.pdf.

4. Дёжкин В.В., Сафонов В.Г. Охотничье хозяйство России и экологическая парадигма. Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009;(3(105)):26-29.

5. Сафонов В.Г. Экомодернизация и перспективы охотничьего хозяйства России. Экология. 2013;(5):368. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=19569324.

6. Сафонов В.Г. К оценке значения охоты и охотничьего хозяйства. Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2016;(1):28-31. Режим доступа: http://www.biosphere-sib.ru/scientific-practical-journals/Гуманитарные%20аспекты%20охоты_1_2016.pdf.

7. Бринчук М.М. Правовой механизм подготовки и принятия экологически значимых решений. Государство и право. 2000;(9):42–44.

8. Бучакова М.А. Совершенствование экологического контроля (надзора) в Российской Федерации. Научный вестник Омской академии МВД России. 2014;(2):50-52. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21616978.

9. Винокуров А.Ю. Общественный экологический контроль: современное состояние и перспективы. Экологическое право. 2014;(3):17-22.

10. Кичигин Н.В. Правовые проблемы публичного экологического контроля (надзора): монография. М.: Изд-во Триумф, 2012. 328 с.

11. Шулятьев А.А. Проблемы устойчивого использования охотничьих ресурсов и государственного надзора в сфере охоты. Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2017;(3(6)):146-151. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30480707.

12. Данилкин А.А. Государственная политика и управление в сфере охоты: тот ли выбран курс? Вестник охотоведения. 2015;12(1):104-117.

13. Сафонов В.Г. Эколого-экономические аспекты устойчивого использования охотничьих ресурсов в России. Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009;(6(108)):46-51.

14. Андреев М.Н. Производственный охотничий контроль: понятие, особенности и проблемы осуществления [Электронный ресурс]. Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 95-летию ВНИИОЗ им. проф. Б.М.Житкова. Киров, 2017. С. 442-446..

15. Данилкин А.А. О декабрьских поручениях президента по вопросам охраны, воспроизводства и использования объектов животного мира. Вестник охотоведения. 2017;14(1):15-21. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=28961448.

Поступила: 04.03.2019 Принята к публикации: 04.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Гребнев Иван Анатольевич, кандидат биол. наук, доцент кафедры охотоведения и биологии диких животных, ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия", Октябрьский пр-кт, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: info@vgsha.info, доцент кафедры трудового и социального права, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», ул. Московская, д.36, г. Киров, Российская Федерация, 610000, e-mail: info@vyatsu.ru, Председатель Правления, АНО «Институт природоресурсного и экологического права», ул. Широнинцев, д. 11. г. Киров, Российская Федерация, 610042,
ORCID: http://orcid. org/0000-0002 -8028-0713, e-mail: ivan_grebnev_84@mail.ru,

Андреев Михаил Николаевич, кандидат с.-х. наук, заместитель начальника управления охраны и использования животного мира, Министерство лесного хозяйства Кировской области, ул. Пятницкая, д. 32, г. Киров, Российская Федерация, 610020, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3058-8242**,
e-mail: wildlife_ru@mail.ru.

References

1. Andreev M.N., Kraev N.V., Kraeva V.N. *O gosudarstvennom upravlenii okhranoy i ispol'zovaniem zhivotnogo mira*. [About state management of protection and use of fauna]. *Vestnik okhotovedeniya: nauchno-prakicheskiy i teoreticheskiy zhurnal*. 2013;(1):95-107. (In Russ.).

2. Bogolyubov S.A. *Realizatsiya ekologicheskoy politiki posredstvom prava [Elektronnyy resurs]: monografiya. Institut zakonodatel'stva i sravnitel'nogo pravovedeniya pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii*. [Implementation of environmental policy through law [Electronic resource]: monograph. Institute of legislation and comparative law under the Government of the Russian Federation]. Moscow: "INFRA-M", 2015. 320 p. *Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Garant». Versiya ot 04.12.2015.*

3. Vinober A.V. *Okhotnich'e khozyaystvo: budet li epokha vozrozhdeniya*? [Hunting economy: will it come to life?]. *Gumanitarnye aspekty okhoty i okhotnich'ego khozyaystva*. 2016;(1):5-16. (In Russ.). URL: http://www.biosphere-sib.ru/scientific-practical-journals/Гуманитарные%20аспекты%20охоты_1_2016.pdf.

4. Dezhkin V.V., Safonov V.G. *Okhotnich'e khozyaystvo Rossii i ekologicheskaya paradigma*. [Hunting economy of Russia and ecological paradigm]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii*. 2009;(3(105)):26-29. (In Russ.).

5. Safonov V.G. *Ekomodernizatsiya i perspektivy okhotnich'ego khozyaystva Rossii*. [Green retrofit and prospects of the hunting economy of Russia]. *Ekologiya*. 2013;(5):368. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19569324.

6. Safonov V.G. *K otsenke znacheniya okhoty i okhotnich'ego khozyaystva*. [On the evaluation of importance of hunting and hunting industry] *Gumanitarnye aspekty okhoty i okhotnich'ego khozyaystva*. 2016;(1):28-31. (In Russ.). URL: http://www.biosphere-sib.ru/scientific-practical-journals/Гуманитарные%20аспекты%20охоты_1_2016.pdf.

7. Brinchuk M.M. *Pravovoy mekhanizm podgotovki i prinyatiya ekologicheski znachimykh resheniy*. [Legal framework for the preparation and adoption of environmentally relevant decisions]. *Gosudarstvo i pravo*. 2000;(9):42-44. (In Russ.).

8. Buchakova M.A. *Sovershenstvovanie ekologicheskogo kontrolya (nadzora) v Rossiyskoy Federatsii*. [Improvement of environmental control (supervision) in the Russian Federation]. *Nauchnyy vestnik Omskoy akademii MVD Rossii*. 2014;(2):50-52. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21616978.

9. Vinokurov A.Yu. *Obshchestvennyy ekologicheskiy kontrol': sovremennoe sostoyanie i perspektivy*. [Public environmental control: current state and prospects]. *Ekologicheskoe pravo*. 2014;(3):17-22. (In Russ.).

10. Kichigin N.V. *Pravovye problemy publichnogo ekologicheskogo kontrolya (nadzora): monografiya*. [Legal problems of public environmental control (supervision): monograph]. Moscow: *Izd-vo Triumf*, 2012. 328 p.

11. Shulyat'ev A.A. *Problemy ustoychivogo ispol'zovaniya okhotnich'ikh resursov i gosudarstvennogo nadzora v sfere okhoty*. [Problems of sustainable use of hunting resources and state supervision in the field of hunting]. *Gumanitarnye aspekty okhoty i okhotnich'ego khozyaystva*. 2017;(3(6)):146-151. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30480707.

12. Danilkin A.A. *Gosudarstvennaya politika i upravlenie v sfere okhoty: tot li vybran kurs?* [State policy and management in the field of hunting: is the right line chosen?]. *Vestnik okhotovedeniya*. 2015;12(1):104-117. (In Russ.).

13. Safonov V.G. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty ustoychivogo ispol'zovaniya okhotnich'ikh resursov v Rossii*. [Ecological and economic aspects of sustainable use of game resources in Russia]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii*. 2009;(6(108)):46-51. (In Russ.).

14. Andreev M.N. *Proizvodstvennyy okhotnichiy kontrol': ponyatie, osobennosti i problemy osushchestvleniya [Elektronnyy resurs]. Sovremennye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva: materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 95-letiyu VNIIOZ im. prof. B.M.Zhitkova*. [Production hunting control: concept, features and problems of implementation [Electronic resource]. Modern problems of nature management, hunting and animal husbandry: Proceedings of International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of Professor Zhitkov Research Institute of Game Management and Fur Farming]. Kirov, 2017. pp. 442-446.

15. Danilkin A.A. *O dekabr'skikh porucheniyakh prezidenta po voprosam okhrany, vosproizvodstva i ispol'zovaniya ob"ektov zhivotnogo mira*. [About December instructions of the President concerning protection, reproduction and use of objects of fauna]. *Vestnik okhotovedeniya*. 2017;14(1):15-21. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28961448.

Received: 04.03.2019 Accepted for publication: 04.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Ivan A. Grebnev, PhD in Biology, associate professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vyatka State Agricultural Academy", Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Moskovskaya street, 36, Kirov, Russian Federation, 610000, Chairman of the Board, Institute of natural resources and environmental law, Shironintsev str., 11. Kirov, Russian Federation, 610042, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8028-0713**, e-mail: ivan_grebnev_84@mail.ru,

Mikhail N. Andreev, PhD in Agriculture, Deputy head of the Department of wildlife protection, Ministry of forestry of the Kirov region, st. Pyatnitskaya, h. 32, Kirov, Russian Federation, 610020, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3058-8242**, e-mail: wildlife_ru@mail.ru.

МЕХАНИЗАЦИЯ / MECHANIZATION

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182
УДК 631.319.06

Результаты исследования базовой модели многофункционального почвообрабатывающего агрегата

© 2019. С.Л. Дёмшин[1], Д.А. Черемисинов[1], В.П. Остальцев[1], В.В. Ильичёв[2]
[1]*ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", г. Киров, Российская Федерация,*
[2]*Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино, Нижегородская область, Российская Федерация*

Анализ орудий для безотвальной и поверхностной обработки почвы выявил отсутствие на рынке сельскохозяйственной техники многофункциональных агрегатов, способных надежно и качественно выполнять оба вида почвообработки посредством одной машины. Предложена конструктивно-технологическая схема и разработана базовая модель агрегата со сменными рабочими органами: плоскорежущими лапами для выполнения основной обработки почвы на 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и культиваторными лапами для проведения поверхностной и мелкой обработки почвы на 5-14 см. Для оценки эффективности применения базовой модели агрегата в 2018 году проведены исследования в полевых условиях, в процессе которых определены основные агротехнические показатели качества обработки почвы. Исследования показали, что степень крошения почвы при основной безотвальной обработке дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при скорости более 6,5 км/ч превышает 80%. При мелкой обработке почвы на глубину 12 см в диапазоне рабочих скоростей свыше 7,0 км/ч наличие фракции почвы до 25 мм составляет не менее 70%. Агрегат стабильно выдерживает рабочую ширину захвата и установочную глубину обработки почвы. Вариант агрегата с комплектом рабочих органов для основной безотвальной почвообработки во всем диапазоне рабочих скоростей обеспечивает среднюю глубину обработки 19,5-21,0 см при установочной глубине, равной 20 см, с рабочими органами для мелкой обработки почвы - 11,5-12,0 см при установочной глубине обработки 12 см. Гребнистость поверхности поля после прохода агрегата при основной безотвальной обработке почвы составила 20,7-23,0 мм, при мелкой обработке почвы - 12,5-17,0 мм. Результаты исследования показали, что базовая модель многофункционального агрегата может выполнять основную безотвальную и мелкую обработку почвы с соблюдением основных агротехнических требований без использования сменных адаптеров для дополнительной обработки верхнего слоя почвы. Использование дополнительных рабочих органов позволит формировать на основе базовой модели агрегата более узкоспециализированные варианты машины.

Ключевые слова: *обработка почвы, сменные рабочие органы, лапа плоскорежущая, дисковая секция, лапа стрельчатая, показатели качества обработки почвы*

Для цитирования: Дёмшин С.Л., Черемисинов Д.А., Остальцев В.П., Ильичёв В.В. Результаты исследования базовой модели многофункционального почвообрабатывающего агрегата. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):172-182. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182.

Благодарности: Исследования проведены согласно Программе ФНИ государственных академий наук (подраздел 162), тема НИР № 0767-2018-0025 «Разработать инновационные технические средства обработки почвы, посева и уборки для ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур» (№ гос. регистрации АААА-А16-116021950065-0).

Results of the research of the basic model of multifunctional tillage unit

© 2019. Sergey L. Demshin[1], Dmitriy A. Cheremisinov[1], Vladimir P. Ostal'tsev[1], Valeriy V. Ilyichev[2]
[1]*Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,*
[2]*Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russian Federation*

The analysis of equipment for basic boardless plowing and surface tillage revealed the absence in the market of agricultural machinery of multifunctional units capable of reliable and efficient performing both types of tillage by means of one machine. The constructive-technological scheme is offered and the basic model of the unit with replaceable working bodies is developed: flat hoes for performance of the basic processing of soil at 14-25 cm with the creation of a mulch layer and cultivator hoes for carrying out the surface and shallow tillage at 5-14 cm. To assess the effectiveness of the basic model of the unit in 2018 in field conditions a research was carried out, during which the main agrotechnical indicators of the quality of soil treatment were determined. Studies have shown that the degree of crumbling of the soil at the basic boardless plowing of sod-podzolic medium loamy soil at a speed of more than 6.5 km/h exceeded 80 %. For shallow tillage to a depth of 12 cm in

the range of operating speeds above 7.0 km/h the amount of a soil fraction up to 25 mm was not less than 70 %. The unit stably sustains the working coverage width and the installation depth of tillage. The variant of the unit with a set of working bodies for the basic boardless plowing in the entire range of operating speeds provides an average tillage depth of 19.5-21.0 cm at an installation depth of 20 cm, with working bodies for shallow tillage - of 11.5-12.0 cm at an installation depth of 12 cm. The height of roughness of the field surface after the basic boardless plowing was 20.7-23.0 mm, for shallow tillage – 12.5-17.0 mm. The results of the research showed that the basic model of the multifunctional unit can perform the basic boardless plowing and shallow tillage in compliance with the basic agrotechnical requirements without the use of replaceable adapters for additional tillage of the top layer of soil. The use of additional working bodies will make it possible to form more highly specialized versions of the machine based on the basic model of the unit.

Key words: *soil cultivation, changeable working bodies, flat hoe, disk section, center hoe, indicators of quality of soil tillage*

For citation: Demshin S.L., Cheremisinov D.A., Ostal'tsev V.P., Ilyichev V.V. Results of the research of the basic model of multifunctional tillage unit. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):172-182. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182.

Согласно стратегии развития материально-технического обеспечения сельского хозяйства РФ до 2020 года основным направлением модернизации техники для растениеводства является универсализация комбинированных почвообрабатывающих агрегатов [1, 2]. Одним из способов решения данной задачи является оснащение технических средств комплектами сменных рабочих органов. Это обеспечит возможность быстро адаптировать их к изменяющимся условиям производства и позволит существенно сократить номенклатуру почвообрабатывающей техники. Анализ орудий для основной безотвальной, мелкой и поверхностной обработки почвы выявил отсутствие на рынке сельскохозяйственной техники почвообрабатывающих агрегатов, способных надежно и качественно выполнять оба вида почвообработки посредством одной машины [3, 4, 5]. В связи с этим актуальна разработка многофункционального агрегата для основной безотвальной обработки почвы и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы, созданного на основе блочно-модульности конструкции. При этом необходимо учитывать природно-климатические условия Северо-Восточного региона европейской части России, отличающиеся мелкоконтурностью полей с достаточно неровным рельефом[1] [6], что существенно снижает эффективность применения широкозахватных почвообрабатывающих комплексов.

Цель исследований – оценка эффективности применения базовой модели многофункционального агрегата для осуществления основной безотвальной обработки почвы на глубину 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы на глубину 5-14 см.

Материал и методы. Анализ конструкций многофункциональных почвообрабатывающих машин показал, что разработка агрегата, способного осуществлять основную безотвальную почвообработку и комплекс операций поверхностной и мелкой обработки почвы, возможна лишь на основе использования комплектов сменных рабочих органов. В этом случае при разработке многофункционального агрегата оптимальным решением является применение принципа блочно-модульности конструкции машины [7]. Такие машины имеют универсальную раму, позволяющую формировать на её базе несколько вариантов размещения основных видов почвообрабатывающих рабочих органов: рыхлительных лап, дисковых секций, различных типов борон и катков, собранных в унифицированные по виду выполняемой операции сменные модули.

Первоначальный этап разработки многофункционального почвообрабатывающего агрегата со сменными рабочими органами включал определение оптимального минимума рабочих операций, осуществляемых базовой моделью агрегата. Под базовой моделью машины в данном случае рассматривается агрегат, оснащённый основными, минимальными по числу выполняемых операций, комплектами рабочих органов, позволяющих выполнять как основную безотвальную обработку почвы, так и комплекс операций поверхностной и мелкой обработки почвы на уровне агротехнических требований к выполнению данных операций. Также данная модель агрегата должна являться основой для формирования на её базе более узкоспециализированных вариантов почвообрабатывающего агрегата, максимально адаптированных к условиям производства путём оснащения её сменными модулями (адаптерами) для дополнительной обработки почвы. В качестве последних могут использоваться прикатывающие катки различной конструкции, штригель-бороны, гребнеобразующие корпуса и т.д.

[1]Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Кировской области / под общей ред. В.А. Сысуева. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 68 с.

Изучение тенденций развития и ранее проведенных исследований техники для основной безотвальной обработки почвы выявили, что в условиях Евро-Северо-Восточного региона России достаточно качественное выполнение данного вида почвообработки обеспечивает совместное использование плоскорежущих лап и дисковых секций с последующим проведением прикатывания[2] [8]. С учетом этого предложена конструктивно-технологическая схема базовой модели почвообрабатывающего агрегата (патент РФ №2679700), которая включает раму с опорными колёсами, два комплекта сменных рабочих органов: плоскорежущих лап или стрельчатых культиваторных лап и дисковых секций. Опорные колеса и дисковые секции снабжены механизмами регулирования глубины обработки, что вкупе с жёстким креплением дисковых секций на раме обеспечивает высокую стабильность глубины обработки почвы плоскорежущими и культиваторными лапами.

Агрегатом, на котором установлен комплект из трех плоскорежущих лап, производится основная безотвальная почвообработка, при этом две дисковые секции рыхлят верхний слой почвы на глубину до 8 см (рис. 1).

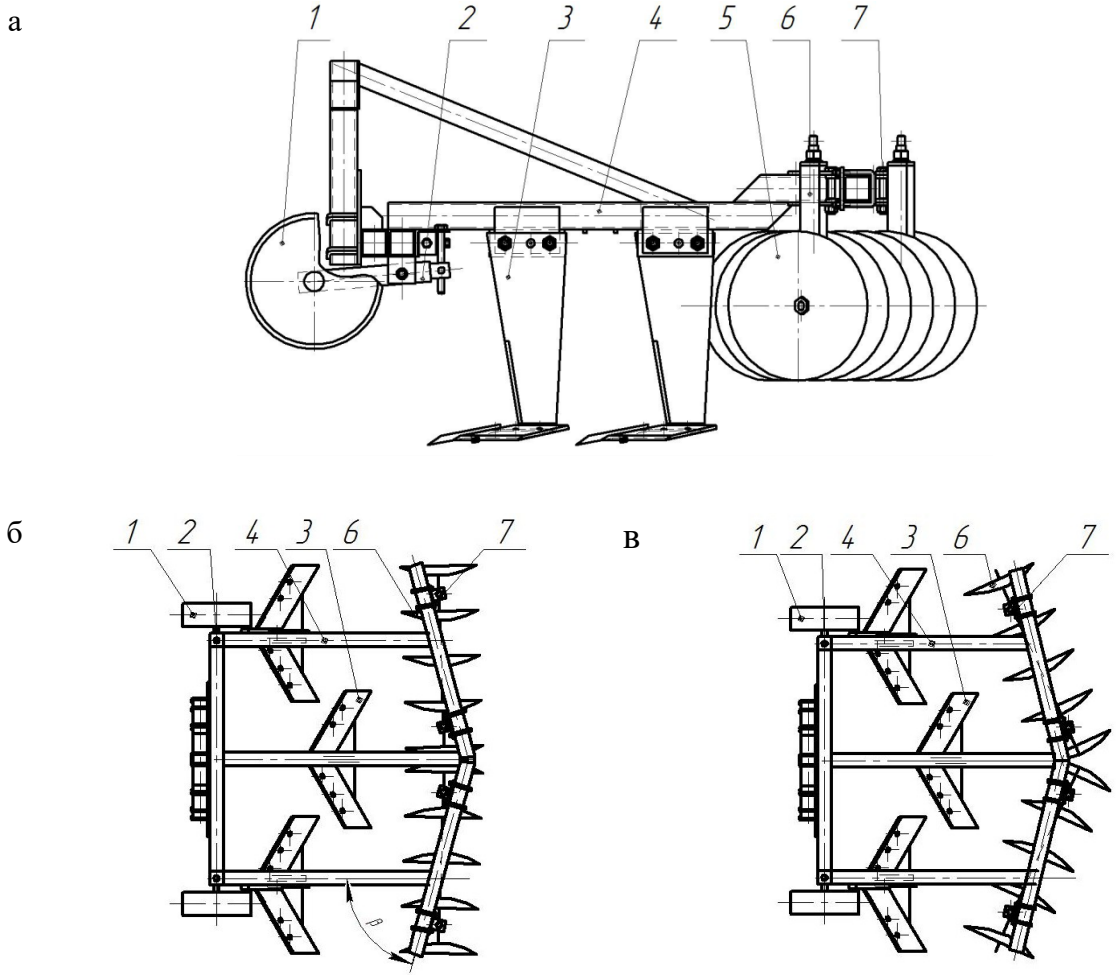


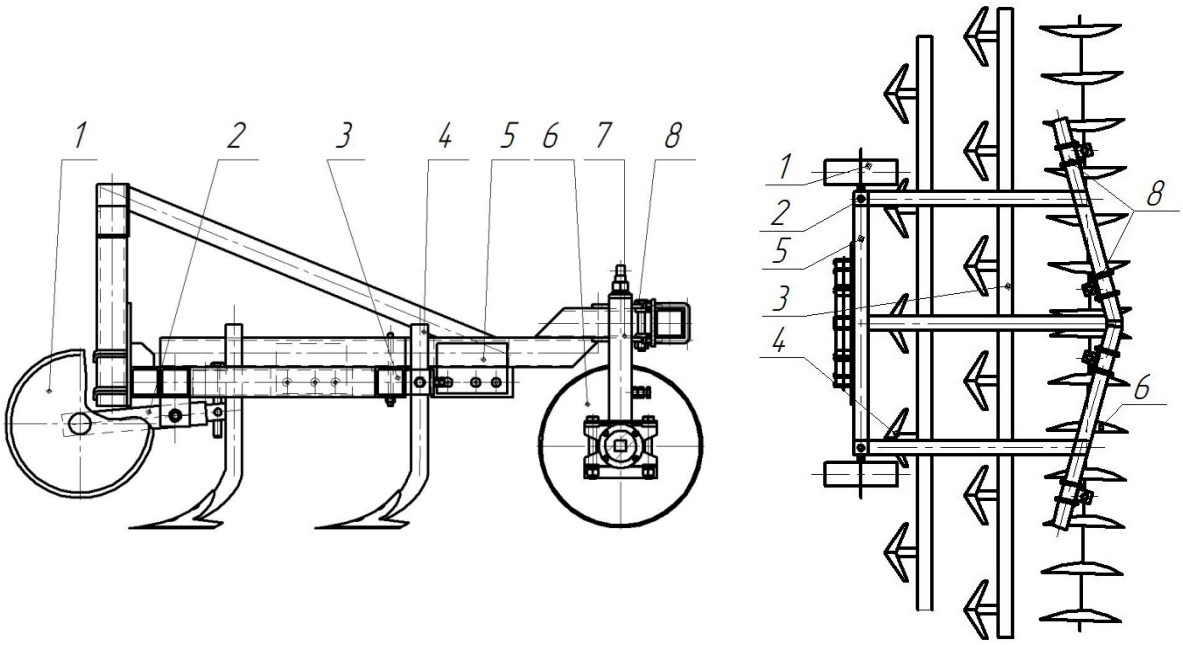
Рис. 1. **Вариант почвообрабатывающего агрегата для основной безотвальной почвообработки (а), схема размещения дисковых рабочих органов при минимальном (б) и максимальном (в) углах атаки: 1 - колесо опорное; 2 - механизм регулировки положения колес; 3 - лапы плоскорежущие; 4 - рама; 5 - секции дисковые; 6 - механизм регулировки положения дисковой секции; 7 - кронштейн крепления дисковой секции**

Fig. 1. **Version of the soil-cultivating unit for the primary subsoil tillage (a), the scheme of placement of disk working bodies with a minimum (b) and maximum (c) angle of attack: 1 - support wheel; 2 - mechanism for adjusting the position of the support wheels; 3 - flat-cutting hoes; 4 - frame; 5 - disk sections; 6 - mechanism for adjusting the position of the disk section; 7 - bracket for securing the disk section**

[2]Инновационные разработки в агроинженерии: каталог. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. 128 с.

Дисковые секции при больших углах атаки осуществляют рыхление верхнего слоя почвы, снижая количество сорняков и способствуя более быстрому разложению растительных остатков. С уменьшением угла атаки глубина и интенсивность почвообработки плоскосферическими дисками снижается[3,4]. Также на качество дискования существенное влияние оказывает тип режущей кромки плоскосферических дисков.

Культиваторными лапами, смонтированными на раме агрегата для мелкой и поверхностной обработки почвы, производится культивация почвы, а удлинённые дисковые секции, которые используются на минимальных углах атаки, выполняют выравнивание и прикатывание почвы (рис. 2). Культиваторные лапы расположены в два ряда с расстоянием между рядами 450-500 мм, причем второй ряд лап устанавливается на съёмный брус с кронштейнами крепления. Длина дисковых секций увеличивается за счёт установки осей большей длины, дополнительных промежуточных втулок и дисков.



а б

Рис. 2. **Вариант почвообрабатывающего агрегата для мелкой и поверхностной почвообработки (а), схема размещения рабочих органов при минимальном угле атаки (б): 1 - колесо опорное; 2 - механизм регулировки положения опорных колес; 3 - брус съёмный; 4 - лапы культиваторные; 5 - рама; 6 - секции дисковые; 7 - механизм регулировки положения дисковой секции; 8 - кронштейн крепления дисковой секции**

Fig. 2. **Version of the soil-cultivating unit for the shallow and surface tillage (a), the scheme of placement of working bodies with a minimum angle of attack (b): 1 - support wheel; 2 - mechanism for adjusting the position of the support wheels; 3 - detachable bar; 4 – cultivator hoes; 5 - frame; 6 - disk sections; 7 - mechanism for adjusting the position of the disk section; 8 - bracket for securing the disk section**

Для быстрой адаптации дисковых рабочих органов агрегата к условиям эксплуатации вследствие изменения свойств почвы, рельефа местности или агротехнических требований на почвообработку под определённую сельскохозяйственную культуру предусмотрена регулировка угла атаки дисковых секций. Изменение угла атаки дисковых секций выполняется ступенчато за счёт того, что их кронштейны крепления на раме, помимо механизма регулировки глубины обработки, имеют шарнирное сопряжение, допускающее посредством поворота в горизонтальной плоскости осуществлять перестановку кронштейнов на разные стороны бруса и между разным количеством дисков на оси дисковой секции (рис. 1, 2).

[3]Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. М.: Машиностроение, 1976. 135 с.
[4]Сохт К.А., Трубилин Е.И., Коновалов В.И. Дисковые бороны и лущильники. Проектирование технологических параметров. Учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2014. 164 с.

Брус рамы для крепления дисковых секций расположен под углом β (рис. 1, б), который соответствует среднему положению установки дисковых секций между максимальным и минимальным углами атаки. Это позволяет достичь требуемого для дискования почвы диапазона регулирования угла атаки в пределах 0-20° без изменения угла установки бруса дисковых секций, а только за счет перестановки их кронштейнов крепления на разные стороны бруса и между разным количеством дисков на оси секции, что существенно упрощает конструкцию агрегата.

При мелкой обработке почвы угол атаки целесообразно уменьшить до 0-5°, так как дополнительная обработка почвы, сопоставимая по глубине и качеству с проходом культиваторных лап, приведет к переизмельчению частиц почвы до эрозионноопасного состояния. При обработке почвы на малых или даже минимально отрицательных углах атаки дисковые секции обеспечивают дополнительное выравнивание и прикатывание почвы, взрыхленной почвообрабатывающими лапами.

В целях расширения возможности адаптации агрегата со сменными рабочими органами для основной безотвальной почвообработки к условиям эксплуатации также предложен способ регулировки его ширины захвата и регулировки угла вхождения плоскорежущих лап в почву.

Изменение ширины захвата агрегата осуществляется путем перестановки плоскорежущих лап на внутренние или внешние площадки кронштейнов рамы при сопутствующем монтаже или демонтаже крайних плоскосферических дисков секции. Причём ширина кронштейнов рамы, которые имеют сквозные отверстия, равна междисковому расстоянию секции.

Регулировка угла вхождения плоскорежущей лапы в почву осуществляется путем ослабления болтовых соединений и изменения положения эксцентриковой втулки в отверстии стойки лапы. Размещение одного из болтов в горизонтальной прорези стойки плоскорежущей лапы, шириной равной диаметру болта и длиной – не менее суммы диаметра болта и величины эксцентриситета втулки позволяет осуществлять плавную регулировку угла вхождения плоскорежущей лапы в почву при заданном соотношении эксцентриситета втулки, расстояния между болтами и требуемой величиной угла поворота лапы. При размещении эксцентриковой втулки в отверстии стойки в крайние положения по высоте обеспечивает в одном случае минимальный угол вхождения плоскорежущей лапы в почву, равный 0º, во втором – максимальный равный 5º.

Данные регулировки позволяют более эффективно использовать трактор, агрегатируемый с агрегатом, что приводит к уменьшению энергоёмкости почвообработки посредством выбора оптимальной нагрузки, а также повышению качества почвообработки за счет эксплуатации машинно-тракторного агрегата в зоне оптимальных соответствующих агротехническим требованиям рабочей глубины обработки и скорости движения.

Согласно предложенной конструктивно-технологической схеме многофункционального почвообрабатывающего агрегата со сменными рабочими органами [9] и на основании проведенных исследований [10, 11, 12] разработан опытный образец его базовой модели. Базовая модель агрегата (далее агрегат) состоит из рамы, опорных колёс с механизмом регулировки глубины обработки, сменных рабочих органов: плоскорежущих лап; стрельчатых культиваторных лап; дисковых секций (рис. 3). Дисковые секции используются совместно с обоими видами рабочих органов, при этом они жёстко установлены на раме посредством кронштейнов крепления и имеют регулировку глубины обработки почвы. В качестве рабочих органов дисковых секций применены плоскосферические диски Ø 450 мм. Шарнирное соединение в конструкции кронштейнов крепления позволяет осуществлять ступенчатую регулировку угла атаки дисковых секций от 0 до 30º посредством изменения межкронштейнового расстояния на оси секции при их установке с разных сторон бруса рамы. Техническая характеристика агрегата приведена в таблице 1.

В зависимости от вида сменных рабочих органов производится соответствующий вид обработки почвы. При установке на раму плоскорежущих лап выполняется основная безотвальная обработка почвы с рыхлением её верхнего слоя дисковыми секциями. При установке культиваторных лап осуществляется предпосевная обработка почвы с дополнительным выравниванием и прикатыванием почвы дисковыми секциями, которые удлиняются за счет осей большей длины и дополнительных дисков, а их угол атаки может быть уменьшен до минимального значения. Заданную глубину обработки почвы и стабильность хода по глубине плоскорежущих или культиваторных лап

поддерживают опорные колеса и частично дисковые секции за счет их жёсткого крепления на раме с помощью соответствующих механизмов регулировки глубины обработки.

а

б

Рис. 3. **Базовая модель многофункционального агрегата МПА-2,2/3,0 со сменными рабочими органами для безотвальной (а) и мелкой (б) обработки почвы**

Fig. 3. **The basic model of the multifunctional unit MPA-2.2/3.0 with replaceable working bodies for primary subsoil (a) and shallow (b) tillage**

Для определения качественных показателей технологического процесса обработки почвы в 2018 году проведены полевые исследования агрегата на основной и предпосевной обработке почвы в интервале скоростей от 3 до 10 км/ч. Испытания опытного образца агрегата проводили на типичной для природно-климатических условий Северо-Восточного региона европейской части России дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Показатели условий их проведения определены в соответствии с ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» (табл. 2).

В качестве агротехнических критериев качества обработки почвы приняты её фракционный состав, плотность, стабильность глубины обработки и гребнистость поверхности после прохода агрегата, которые определяли в соответствии с ГОСТ 33736-2016 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» и ГОСТ 33687-2015 «Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки почвы. Методы испытаний». Оценка эффективности работы агрегата выполнена путем сравнения полученных данных с агротехническими требованиями СТО АИСТ 4.6-2018 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения и надежности».

Таблица 1 / Table 1

Техническая характеристика агрегата МПА-2,2/3,0/ Technical characteristic of the unit MPA-2.2/3.0

Показатель / Indicator	*Обработка почвы / Type of tillage*	
	основная безотвальная / primary subsoil	*мелкая / shallow*
Производительность, га/ч / Output of basic time, ha/h	До 1,8 / Up to 1.8	До 3,0 / Up to 3.0
Рабочая скорость, км/ч / Working speed, km/h	5…9	До 12 / Up to 12
Ширина захвата агрегата, м / Working width of the unit, m	2,2	3,0
Глубина обработки, см / Depth of tillage, cm - сменными рабочими органами / by replaceable working bodies - дисковыми секциями / by disk sections	14…25 До 8 / Up to 8	6…12 До 6 / Up to 6
Ширина захвата лапы, м / The width of replaceable working body, m	0,76	0,33
Количество лап, шт. /Number of hoes, pcs	3	11
Габаритные размеры, мм / Overall dimensions, mm: - длина / length - ширина / width - высота / height	 2300 2500 1250	 2150 3150 1150
Масса, кг / Mass, kg	575	630
Удельная металлоёмкость на метр ширины захвата, кг/м / Specific metal content, kg/m	262	210
Средняя трудоемкость переоборудования, чел.-ч / Average labor intensity of the re-equipment, man-hours	Не более 3,0 / Not more than 3.0	
Орудие агрегатируется с тракторами класса / Aggregated with tractors of a traction class, kN	14 или 20 кН / 14 or 20 kN	
Способ агрегатирования / The method of aggregation	Трехточечная схема навески трактора / 3-point hitch scheme	
Количество персонала, чел. / of Number of staff, people	1 тракторист /1 tractor driver	

Таблица 2 / Table 2

Условия проведения испытаний / Test conditions

Показатель / Indicator	*Обработка почвы / Type of tillage*	
	основная безотвальная / primary subsoil	*мелкая / shallow*
Место проведения испытаний / Test site	Опытное поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока / The experimental field of FARC the North-East	
Состав агрегата / Composition of machine-tractor unit	МТЗ-82 + МПА-2,2/3,0 / MTZ-82 + MPA-2,2/3,0	
Тип почвы / Soil type	Дерново-подзолистая, средний суглинок / Medium loamy sod-podzolic soil	
Рельеф / Relief	Ровный / Flat	
Предшествующая обработка / Previous treatment of the soil	Уборка озимой ржи / After harvesting winter rye	КПС-4,0+БЗСС 1,0 / KPS-4,0+BSSS 1,0
Уклон поверхности, град / The gradient of the surface, deg	Не более 2º / No more than 2º	
Плотность почвы в слое 0-10 см, г/см3 / Soil density in the layer of 0-10 cm, g/cm3	1,42	1,33
Твёрдость почвы, МПа / The soil hardness, MPa: - в слое 0-10 см / in the layer of 0-10 cm - в слое 10-20 см / in the layer of 10-20 cm - в слое 20-30 см / in the layer of 20-30 cm	 1,61 2,23 2,62	 0,78 2,30 -
Влажность почвы в слое 0-20 см, % / Soil moisture in the layer of 0-20 cm, %	19,2	13,4
Высота (длина) растительных и пожнивных остатков, см / Height (length) of plant and crop residues, cm	16,8	11,3

Результаты и их обсуждение. Полученные в ходе эксперимента зависимости изменения фракционного состава почвы $P_{\%\ сод}$, %, средней глубины обработки почвы *h, мм*, её коэффициента вариации *v*, % и гребнистости поверхности *A*, мм от скорости движения агрегата *V*, км/ч представлены в виде графиков на рисунке 4.

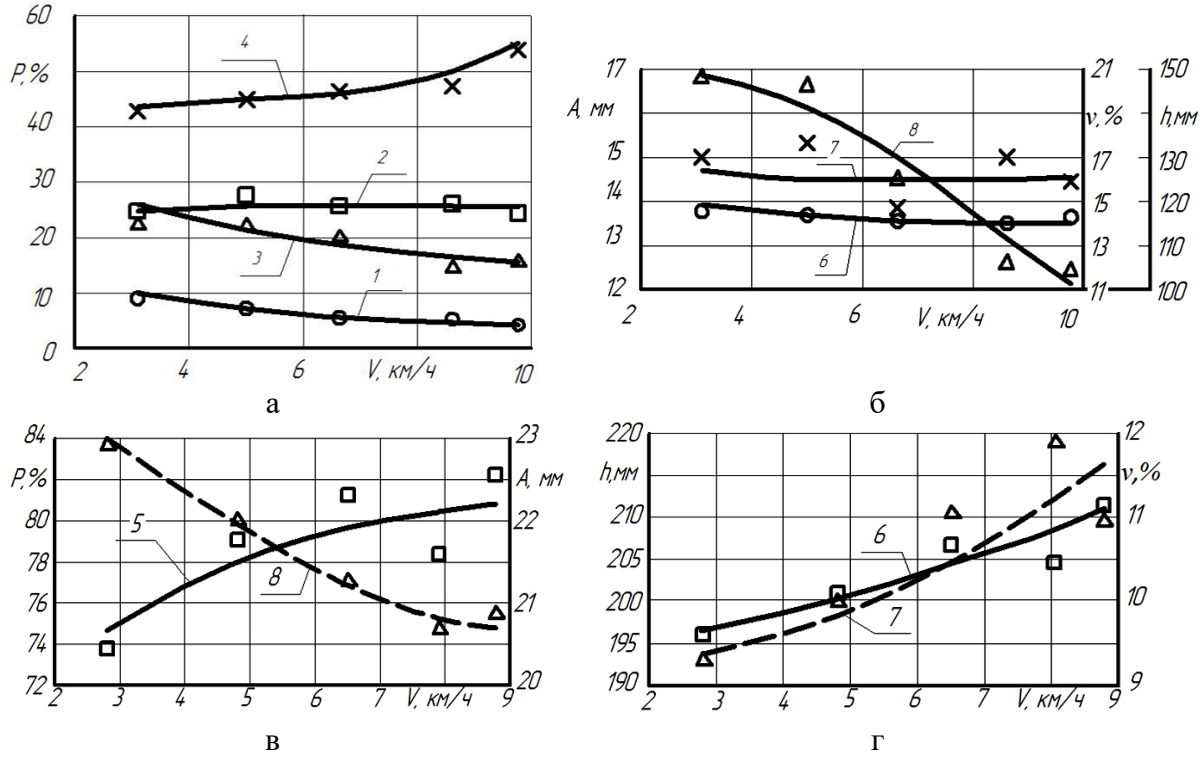


Рис. 4. **Влияние скорости *V* (км/ч) почвообрабатывающего агрегата с культиваторными (а, б) и плоскорежущими (в, г) лапами на показатели качества обработки почвы: содержание фракций почвы *P* (%), гребнистость $A_{ср}$ (мм), среднюю глубину *h* (мм) и коэффициент её вариации *v* (%): 1 – фракция почвы более 50 мм; 2 – фракция почвы 25…50 мм; 3 – фракция почвы 10…25 мм; 4 – фракция почвы до 10 мм; 5 – фракция почвы менее 50 мм; 6 – средняя глубина обработки почвы; 7 – коэффициент вариации глубины обработки; 8 – гребнистость поля после обработки**

Fig. 4. **Influence of the speed *V* (km/h) of the tillage unit with cultivator (a, b) and flat (b, d) hoes on soil tillage quality indicators: content of soil fractions *P* (%), height of roughness A_{cp} (mm), average depth *h* (mm) and coefficient of its variation *v* (%): 1 – fraction of the soil more than 50 mm; 2 – fraction of the soil of 25 to 50 mm; 3 – fraction of the soil of 10...25 mm; 4 – fraction of the soil up to 10 mm; 5 – fraction of the soil less than 50 mm; 6 – average depth of tillage; 7 – coefficient of variation of the tillage depth; 8 – ridgeness of the field after tillage**

Для большинства видов почвообработки одним из основных агротехнических критериев качества выполнения процесса служит фракционный состав почвы. Согласно требованиям СТО АИСТ 4.6-2018 степень крошения почвы (наличие комков размером до 50 мм) орудиями для основной безотвальной обработки почвы на глубину 15-30 см должна быть не менее 80%; для комбинированных агрегатов для мелкой и поверхностной обработки почвы - наличие фракции почвы до 25 мм не менее 70%.

Анализ полученных данных выявил для обоих видов обработки почвы аналогичную динамику их изменения, заключающуюся в том, что с увеличением скорости движения агрегата степень крошения почвы существенно возрастает. Причём при скорости, равной 6-7 км/ч, процентное содержание фракций почвы достигает значений, соответствующих агротехническим требованиям и продолжает повышаться вследствие более интенсивного воздействия рабочих органов на почву. При этом следует учитывать, что при зяблевой безотвальной обработке суглинистой дерново-подзолистой почвы повышенной влажности, которая отличается высокой пластичностью и липкостью, комбинацией рабочих органов из

плоскорежущих лап и дисковых секций лущильника достаточно трудно достичь даже минимальных значений крошения почвы, удовлетворяющих агротехническим требованиям. В варианте с выполнением мелкой обработки почвы нужно принимать во внимание, что минимально допустимый агротребованиями уровень крошения почвы достигнут базовым комплектом рабочих органов, и любой дополнительный сменный адаптер позволит существенно повысить данный показатель.

Показатели стабильности глубины хода рабочих органов для обоих видов обработки почвы соответствуют агротехническим требованиям. Так, для варианта агрегата с комплектом рабочих органов для основной безотвальной обработки почвы средняя глубина обработки составляет 19,5-21,0 см при установочной глубине обработки 20 см (по СТО отклонение глубины обработки от заданной ±1,5 см); с рабочими органами для мелкой обработки почвы - 11,5-12,0 см при установочной глубине обработки 12 см (по требованиям СТО – ±2,0 см).

Гребнистость поверхности поля после прохода агрегата при основной безотвальной обработке почвы составила 20,7-23,0 мм, при мелкой обработке почвы - 12,5-17,0 мм, что также соответствует агротехническим требованиям для данных видов почвообработки, согласно которым её величина не должна превышать соответственно 50-80 и 20 мм. Наблюдаемое снижение величины гребнистости с ростом скорости движения агрегата для обоих видов обработки почвы вызвано низкой эффективностью работы дисковых рабочих органов на скорости менее 5 км/ч.

Плотность почвы после мелкой обработки равна 1,14-1,18 г/см^3, при основной безотвальной обработке - 1,26-1,32 г/см^3, что удовлетворяет требованиям, соответственно, предпосевной и зяблевой почвообработки.

Таким образом, результаты исследования показали, что базовая модель многофункционального агрегата может выполнять основную безотвальную и мелкую обработку почвы с соблюдением основных агротехнических требований без использования сменных адаптеров для дополнительной обработки верхнего слоя почвы. Использование дополнительных рабочих органов позволит формировать на основе базовой модели агрегата более узкоспециализированные варианты машины, в том числе для более качественной подготовки почвы к посеву или создания мульчирующего слоя, нарезанию гряд под пропашные культуры и других операций.

Выводы. Разработана базовая модель многофункционального агрегата для выполнения основной безотвальной обработки почвы на глубину 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы на глубину 5-14 см. Исследования в полевых условиях показали, что при скорости более 7,0 км/ч степень крошения почвы при основной безотвальной почвоообработке превышает 80 %, при мелкой обработке почвы - содержание фракции почвы до 25 мм составляет не менее 70 %. Остальные параметры качества обработки почвы также соответствуют агротехническим требованиям, что делает возможным формирование на основе базовой модели почвообрабатывающего агрегата более узкоспециализированных вариантов машины.

Список литературы

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 78 с. Режим доступа: https://docplayer.ru/28430301-Strategiya-mashinno-tehnologicheskoy-modernizacii-selskogo-hozyaystva-rossii-na-period-do-2020-goda.html.

2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.

3. Клочков А.В., Попов В.А. Современная сельскохозяйственная техника для растениеводства. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 172 с. Режим доступа: http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov_a_v_popov_v_a_sovremennaya_selskohozyaistvennaya_te.pdf.

4. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. Под общ. ред. В.М. Пронина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.

5. Жук А. Ф., Ревякин Е.Л. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 156 с. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=19939339.

6. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. Научно обоснованные подходы к выбору систем обработки почв в севооборотах для условий Евро-Северо-Востока РФ: метод. пособие. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 35 с.

7. Ревякин Е.Л., Антышев Н.М. Технологические требования к новым техническим средствам в растениеводстве. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 60 с.

8. Мазитов Н.К., Шарафиев Л.З., Сахапов Р.Л., Галяутдинов Н.Х., Рахимов Р.С., Четыркин Ю.Б., Лобачевский Я.П., Дмитриев С.Ю. Результаты сравнительных испытаний блочно-модульных культи-ваторов. Тракторы и сельхозмашины. 2013;(3):54-56.

9. Андреев В.Л., Дёмшин С.Л., Ильичёв В.В., Черемисинов Д.А., Юнусов Г.С. Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат со сменными рабочими органами. Вестник НГИЭИ. 2018;(11 (90)):87-102. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=36565827.

10. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków. Zeszyty problemowe postкруw nauk rolniczych, 2009 z. 543: 355-364. URL: http://www.bomet.pl/dzial-media-49.html.

11. Андреев В.Л., Козлова Л.М., Дёмшин С.Л., Попов Ф.А. Модернизация плуга для безотвальной обработки почвы и его использование при возделывании яровой пшеницы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013;(2 (33)):63-66. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=18846811.

12. Дёмшин С.Л., Черемисинов Д.А., Владимиров Е.А. Результаты испытаний почвообраба-тывающего орудия со сменными рабочими органами для тракторов тягового класса 3,0. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(3 (46)):71-77. DOI**:** 10.30766/2072-9081.2018.65.4.103-108.

Поступила: 28.12.2018 Принята к публикации: 04.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Дёмшин Сергей Леонидович, доктор техн. наук, доцент, зав. лабораторией, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7562-7965**, e-mail: sergdemshin@mail.ru,

Черемисинов Дмитрий Анатольевич, кандидат техн. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1332-4034**, e-mail: cheremisinov86@mail.ru,

Остальцев Владимир Павлович, кандидат техн. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0509-6577,**

Ильичёв Валерий Вячеславович, старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», д. 22а, ул. Октябрьская, г. Княгинино, Российская Федерация, 606340, e-mail: vattex@mail.ru, e-mail: ilichiev1963@mail.ru.

References

1. *Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii na period do 2020 goda*. [The strategy of machine-technological modernizing of agriculture of Russia for the period till 2020]. Moscow: *FGNU «Rosinformagrotekh»*, 2009. 78 p. URL: https://docplayer.ru/28430301-Strategiya-mashinno-tehnologicheskoy-modernizacii-selskogo-hozyaystva-rossii-na-period-do-2020-goda.html.

2. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologiy. Metodicheskoe rukovodstvo.* [Agroecological evaluation of lands, designing of adaptive-landscape systems of agriculture and agrotechnologies. A methodical manual]. *Pod red. V.I. Kiryushina, A.L. Ivanova*. Moscow: *FGNU «Rosinformagrotekh»*, 2005. 784 p.

3. Klochkov A.V., Popov V.A. *Sovremennaya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika dlya rastenievodstva*. [Modern agricultural machinery for crop production]. Gorki: *Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya*, 2009. 172 p. URL: http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov_a_v_popov_v_a_sovremennaya_selskohozyaistvennaya_te.pdf.

4. *Sravnitel'nye ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: nauch. izdanie*. [Comparative tests of agricultural machinery: scientific edition]. *Pod obshch. red. V.M. Pronina*. Moscow: *FGBNU «Rosinformagrotekh»*, 2013. 416 p.

5. Zhuk A. F., Revyakin E.L. *Razvitie mashin dlya minimal'noy i nulevoy obrabotki pochvy*. [The development of machines for minimum tillage]. Moscow: *FGNU «Rosinformagrotekh»*, 2007. 156 p. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19939339.

6. Kozlova L.M., Popov F.A., Noskova E.N. *Nauchno obosnovannye podkhody k vyboru sistem obrabotki pochv v sevooborotakh dlya usloviy Evro-Severo-Vostoka RF: metod. posobie*. [Scientifically based approaches to

the choice of soil treatment systems in crop rotations for the conditions of Euro-North-East of the Russian Federation: methodical manual]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2013. 35 p.

7. Revyakin E.L., Antyshev N.M. *Tekhnologicheskie trebovaniya k novym tekhnicheskim sredstvam v rastenievodstve.* [The technological requirements for the new technological advances in crop production]. Moscow: *FGNU «Rosinformagrotekh»*, 2008. 60 p.

8. Mazitov N.K., Sharafiev L.Z., Sakhapov R.L., Galyautdinov N.Kh., Rakhimov R.S., Chetyrkin Yu.B., Lobachevskiy Ya.P., Dmitriev S.Yu. *Rezul'taty sravnitel'nykh ispytaniy blochno-modul'nykh kul'tivatorov*. [Results of comparative tests of block-module cultivators]. *Traktory i sel'khozmashiny*. 2013;(3):54-56. (In Russ.).

9. Andreev V.L., Demshin S.L., Il'ichev V.V., Cheremisinov D.A., Yunusov G.S. *Mnogofunktsional'nyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat so smennymi rabochimi organami*. [Multifunctional soil-cultivating unit with replaceable working bodies]. *Vestnik NGIEI*. 2018;(11 (90)):87 102. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36565827.

10. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków. Zeszyty problemowe postкpyw nauk rolniczych, 2009 z. 543: 355-364. URL: http://www.bomet.pl/dzial-media-49.html.

11. Andreev V.L., Kozlova L.M., Demshin S.L., Popov F.A. *Modernizatsiya pluga dlya bezotval'noy obrabotki pochvy i ego ispol'zovanie pri vozdelyvanii yarovoy pshenitsy*. [Modernizing of plough for boardless cultivating and its use at spring wheat growing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2013;(2 (33)):63 66. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=18846811.

12. Demshin S.L., Cheremisinov D.A., Vladimirov E.A. *Rezul'taty ispytaniy pochvoobrabatyvayushchego orudiya so smennymi rabochimi organami dlya traktorov tyagovogo klassa 3,0*. [Results of a soil-cultivating tool testing with replaceable working bodies for tractors of a thrust class 3.0]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015;(3 (46)):71-77. (In Russ.). DOI**:** 10.30766/2072-9081.2018.65.4.103-108.

Received: 28.12.2018 Accepted for publication: 04.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about the authors:

Sergey L. Demshin, DSc in Engineering, head of the laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7562-7965**, e-mail:sergdemshin@mail.ru,

Dmitriy A. Cheremisinov, **PhD in Engineering**, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1332-4034**, e-mail:cheremisinov86@mail.ru,

Vladimir P. Ostal'tsev, **PhD in Engineering**, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenina str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0509-6577,**

Valeriy V. Ilyichev, senior lecturer, the Chair of Technical service, Organization of Transportation and Transport Management», Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 22a, Oktyabrskaya str., Knyaginino, Russian Federation, 606340, e-mail: vattex@mail.ru, e-mail: ilichiev1963@mail.ru.

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.183-191
УДК 631.314:612

(cc) BY

Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стерневого культиватора

© 2019. Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский, В.А. Куклин
Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация

В южных регионах России наибольшее распространение получила минимальная технология возделывания зерновых культур в варианте раздельного сева. В связи с этим возникла необходимость в создании эффективных рабочих органов стерневого культиватора с принципиально новыми ресурсосберегающими способами воздействия на обрабатываемую среду и отвечающих требованиям современных прогрессивных технологий. Совершенствование форм поверхностей рабочих органов культиваторов проводилось с учетом механико-бионического подхода. Основные параметры зубчатой режущей поверхности определили методом бионических сравнений, выбрав в качестве бионического прототипа жука-скарабея. Использование зубчатой формы поверхности режущей кромки согласуется с бионическим принципом многоконтактного воздействия и приводит к тому, что вершины зубьев становятся концентраторами напряжений и при значительно меньшем усилии вдавливания вызывают процессы разрушения почвы, что обеспечивает снижение затрат энергии на подрезание пласта почвы. Оптимальная криволинейная форма рабочей поверхности, выполненная в виде логарифмической спирали, характеризуется неизменным значением угла между нормалью и радиус-вектором, и величина этого угла, равная углу внутреннего трения почвы φ_2, будет обеспечивать скольжение почвы и растительных остатков с минимальной энергоемкостью. Аналитически обоснованы количество (n = 4), высота (h = 5…7 мм) и шаг расстановки зубьев (S = 10…12 мм) носка долота стерневого культиватора. Предлагается форма профиля рабочей поверхности долота стерневого культиватора в виде логарифмической спирали с переменным углом крошения. Экспериментальные исследования проводили в период с сентября по октябрь 2018 г. в почвенном канале научно-исследовательской лаборатории бионической агроинженерии кафедры механизации и технического сервиса в АПК. Они показали снижение тягового сопротивления предложенного рабочего органа стерневого культиватора на 16,5% в сравнении с тяговым сопротивлением серийного образца.

Ключевые слова: *рыхление почвы, биологический прототип, жук-скарабей, параметры, мощность, тяговое сопротивление*

Для цитирования: Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В., Куклин В.А. Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стерневого культиватора. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):183-191. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.183-191.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 18-48-910001.

Theoretical background for the bionic substantiation of parameters of the stubble cultivator working bodies

© 2019. Leonid F. Babitsky, Ivan V. Sobolevsky, Vladimir A. Kuklin
Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

In the southern regions of Russia, the technology of cultivation of grain crops in the variant of partial sowing has been widely used. In this regard, it became necessary to create effective working bodies of a stubble cultivator that would have fundamentally new resource-saving ways of influencing the area under cultivating and meet the requirements of modern advanced technologies. The shapes of the working bodies surfaces of the cultivators were improved taking into account the mechanic-bionic approach. The main parameters of the toothed cutting surface were determined by the method of bionic comparisons, with a scarab beetle as a bionic prototype. Use of the serrated shape of the cutting edge is consistent with the bionic principle of multi-contact exposure and leads to the fact that the tops of the teeth become stress concentrators and, with a significantly smaller indentation force, cause soil destruction processes, which reduces the energy costs of cutting the soil layer. The optimal curvilinear shape of the working surface made in the form of a logarithmic spiral, is characterized by a constant value of the angle between the normal and the radius vector, and the value of this angle, equal to the angle of internal friction of the soil φ_2, will ensure the sliding of the soil and plant residues with minimal energy consumption. The number (n = 4), height (h = 5...7 mm) and tooth placement step (S = 10...12 mm) of the bit tip of the stubble cultivator are analytically justified. The shape of the profile of the working surface of the stubble cultivator bit in the form of a logarithmic spiral with a variable angle of crumbling is proposed. The studies were conducted in the period from September to October 2018 in the soil channel of the research Laboratory of Bionic Agroengineering of the Department of Mechanization and Technical Service in Agro-Industrial Complex. They have shown the decrease in the traction resistance of the proposed working body of the stubble cultivator by 16.5% in comparison with the traction resistance of the serial sample.

Key words: *soil loosening, biological prototype, scarab beetle, parameters, power, traction resistance*

For citation: Babitsky L.F., Sobolevsky I.V., Kuklin V.A. Theoretical background for the bionic substantiation of parameters of the stubble cultivator working bodies. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):183-191. (In Russ.) https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.183-191.

Для южных регионов России наибольшее применение получила минимальная технология возделывания зерновых культур в варианте раздельного сева. Ее применение обусловлено возникновением большого разрыва между уборкой зерновых и их последующим посевом во избежание высыхания и затвердевания почвы.

Для данной технологии, в полной мере удовлетворяющей предъявляемым агротехническим требованиям, применимы стерневые культиваторы. Стерневые культиваторы часто используются для обработки почвы перед посевом и ухода за парами [1].

Однако, как показывает анализ существующих конструкций рабочих органов стерневых культиваторов и теоретических исследований [2, 3], основные теоретические разработки были направлены на изучение деформации почвы плоскорежущими органами. Само влияние формы плоскорежущего лезвия на качественные показатели обработки почвы определялось на основе методов теоретической механики, механики грунтов и экспериментальными способами. Однако при обосновании формы плоскорежущих рабочих органов методами теоретической механики невозможно полностью объяснить и учесть все основные явления, которые возникают в почве при воздействии на неё рабочим органом. Появляется необходимость создания эффективных рабочих органов стерневого культиватора с принципиально новыми ресурсосберегающими способами воздействия на обрабатываемую среду и отвечающих требованиям прогрессивных технологий.

Решение задач по совершенствованию форм поверхностей рабочих органов культиваторов предлагается на основе применения механико-бионического подхода, позволяющего аналитически описать их форму и параметры [4].

Цель исследований – разработка теоретических предпосылок к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стерневого культиватора.

Материал и методы. Глубокий анализ влияния геометрической формы рабочих органов на сопротивление почвы был проведён В.П. Третьяком[1]. Используя принципы вариационного исчисления, он теоретически доказал, что при небольших сечениях рабочих органов их поперечное сечение можно принять отдельными прямыми линиями, при этом для уменьшения их сопротивления рекомендуется это сечение выполнить по криволинейной форме. С целью лучшего крошения почвы боковая форма рыхлителя должна быть выполнена по логарифмической кривой. Такая форма бионического профиля удовлетворяет условиям концентрации усилий в одной точке, что благоприятствует эффективному крошению почвы [5].

Однако остаётся нерешенным вопрос применения методов теоретических исследований с использованием закономерностей живой природы. Как показывает анализ выполненных нами теоретических исследований [6], наиболее актуальным, применительно к решению данного вопроса, является использование многоконтактного воздействия рабочих органов на почву. Применив системный подход, с учетом биологической системы «почва-растение-атмосфера», можно обосновать оптимальные геометрические формы рабочих органов стерневого культиватора с приданием им некоторых свойств, а также характеристик живых организмов. Экспериментальные исследования проводили в период с сентября по октябрь 2018 г. в почвенном канале научно-исследова-тельской лаборатории бионической агроинженерии кафедры механизации и технического сервиса в АПК.

Объектом теоретического исследования является технологический процесс взаимодействия рабочих органов стерневого культиватора с почвой.

Результаты и их обсуждение. Поисковые исследования показали, что особого внимания заслуживает обоснование параметров рабочих органов стерневого культиватора по подобию роющих конечностей биологических прототипов с определением количества зубьев, их высоты, шага расстановки и формы рабочей поверхности лап.

Особый интерес для бионического сравнения рабочих органов стерневого культиватора, по характеру жизнедеятельности, представляет биологический прототип жук-скарабей (*Scarabaeus*)[2] (рис. 1).

[1] Третьяк В.П. Влияние формы рабочих органов, движущихся в почве, на тяговое сопротивление. В сб.: Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. Киев, 1967. Вып. 7. С. 18-28.
[2] Свободная энциклопедия Википедия, Скарабей. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki.

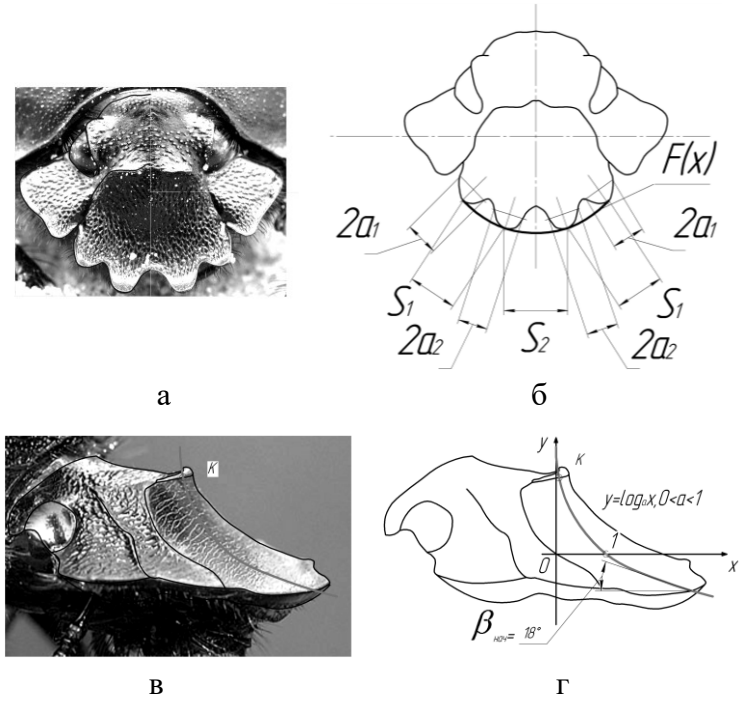


Рис. 1. **Жук-скарабей (*Scarabaeus*): а) вид головы с 4 зубцами; б) проекция головы спереди; в) вид головы сбоку; г) проекция головы сбоку**

Fig. 1. **Scarab-beetle (*Scarabaeus*): a) view of the head, with 4 teeth; b) front projection of the head; c) side view of the head; d) side projection of the head**

Основные функции рыхления у жука-скарабея выполняют передние конечности и веерный вид челюсти. Такой физический вид бионического прототипа позволит адаптировать элементы его морфологического строения с развитыми рыхлительными способностями к обоснованию элементов конструкции рабочего органа стерневого культиватора [6].

В процессе работы стерневого культиватора его рабочие органы, совершая поступательное движение, должны обеспечивать подрезание и крошение пласта почвы с минимальной энергоемкостью и с соблюдением агротехнических требований к качеству обработки. Оптимальную форму рабочего органа можно обосновать, применяя методы механики сплошной среды в сочетании с принципами бионического моделирования и рассматривая напряженно-деформированное состояние почвы[3] [7, 8].

Использование зубчатой формы поверхности режущей кромки согласуется с бионическим принципом многоконтактного воздействия и приводит к тому, что вершины зубьев становятся концентраторами напряжений и при значительно меньшем усилии вдавливания вызывают процессы деформации и разрушения почвы. Это приводит к снижению затрат энергии на подрезание пласта почвы [4, 7]. Основные параметры зубчатой режущей поверхности определяли методом бионических сравнений, выбрав в качестве бионического прототипа жука-скарабея. Голова жука-скарабея имеет две пары роющих зубцов: центральных и боковых, расположенных симметрично относительно продольной оси и характеризующихся полушириной a_1 и a_2, коэффициентами расстановки k_1 и k_2 с шагами S_1 и S_2 (рис. 1). В результате измерений установлено, что коэффициенты расстановки центральных k_1 и боковых k_2 зубьев, соответственно, равны 0,3 и 0,22. Отношение полуширины зубьев составило:

$$k_з = \frac{a_2}{a_1} = 1{,}17.$$

Учитывая, что зубья на рабочей поверхности носка долота (рис. 2) расположены по дуге окружности длиной Δl и радиусом $R_{кр}$, в первом приближении, запишем:

$$\Delta l = 2S_1 + S_2 + 2a_1, \quad (1)$$

где S_1 и S_2 – шаг расстановки зубьев.

[3]Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. М.: «Машиностроение», 1977. 328 с.

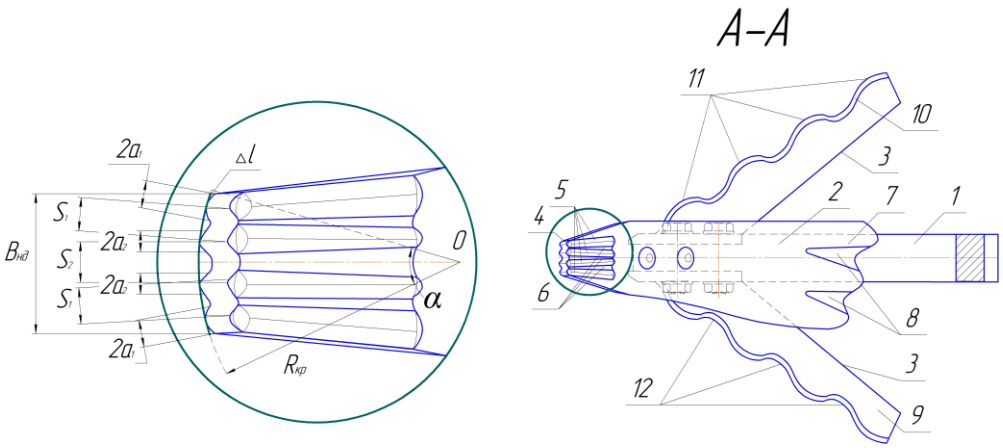


Рис. 2. **Рабочий орган стерневого культиватора, сечение А-А**
Fig. 2. **Working body of a stubble cultivator, section A-A**

Эту же длину дуги Δl выразим через радиус $R_{кр}$ и ширину носка $B_{нд}$:

$$\Delta l = 2R_{кр}\, arcsin\left(\frac{B_{нд}}{2R_{кр}}\right). \quad (2)$$

Приравнивая выражения (1) и (2), а также учитывая, что $k_1 = \frac{a_1}{S_1}$, $k_2 = \frac{a_2}{S_2}$, получим зависимость для определения полуширины центральных зубьев:

$$a_1 = \frac{R_{кр}\, arcsin\left(\frac{B_{нд}}{2R_{кр}}\right)}{\frac{1}{k_1} + \frac{k_3}{2k_2} + 1}. \quad (3)$$

Тогда полуширина боковых зубьев:

$$a_2 = k_3 \cdot a_1. \quad (4)$$

При этом шаг расстановки зубьев определяли как:

$$S_1 = \frac{a_1}{k_1}, \quad S_2 = \frac{a_2}{k_2}. \quad (5)$$

Высоту зубьев определили из выражения:

- для центральных $H_{з1} = k_{H1} \cdot a_1$, (6)

- для боковых $H_{з2} = k_{H2} \cdot a_2$, (7)

где k_{H1} и k_{H2} – коэффициенты высоты зубьев.

На обоснование формы долота существенно влияет величина угла крошения β, характеризующего взаимодействие рабочего органа с почвой. Чем меньше его значение, тем хуже долото крошит почву, но тем ниже величина его тягового сопротивления. На начальном этапе, когда происходит внедрение зубчатой режущей кромки в необработанные слои и первоначальное подрезание пласта, значение угла β должно быть небольшим и находиться в диапазоне $\beta_{нач}$ = 18…22° (рис. 3), что обеспечит достаточную заглубляемость рабочего органа при минимально возможной энергоемкости[3,4]. При этом роющие зубцы жука-скарабея, выбранного в качестве бионического прототипа, характеризуются значением $\beta_{нач}$ = 17…19^0, что согласуется с приведенными данными.

Оптимальная криволинейная форма рабочей поверхности, выполненная в виде логарифмической спирали, обеспечивает постоянство угла между нормалью и радиус-вектором, и величина этого угла, равная углу внутреннего трения почвы φ_2, будет обеспечивать скольжение почвы и растительных остатков с минимальной энергоемкостью [9].

Дальнейшее крошение подрезанного пласта почвы можно обеспечить путем постепенного увеличения угла крошения β при сохранении режима скольжения частиц почвы и растительных остатков по рабочей поверхности, но при достижении критического значения угла $\beta_{кон}$ будет наблюдаться значительный рост тягового сопротивления рабочего органа, обусловленный прекращением скольжения и возникновением явления «сгруживания» почвы [10, 11].

Как видно из расчетной схемы (рис. 3), скольжение по рабочей поверхности возможно в случае, если величина касательной составляющей нормального давления $\overline{N_\tau}$ превышает силу внешнего трения $\overline{F_{тр}}$. Величину критического угла крошения $\beta_{кон}$ можно определить из равенства $\overline{N_\tau}$ и $\overline{F_{тр}}$ (рис. 2):

$$N \cdot tg(90 - \beta_{кон}) = N \cdot tg\,\varphi_1. \quad (8)$$

Откуда:

$$\beta_{кон} = 90 - \varphi_1. \quad (9)$$

[4]Горячкин В.П. Собрание сочинений: в 3-х т. М.: Колос, 1965. Т.1. 720 с.; Т. 2. 459 с.

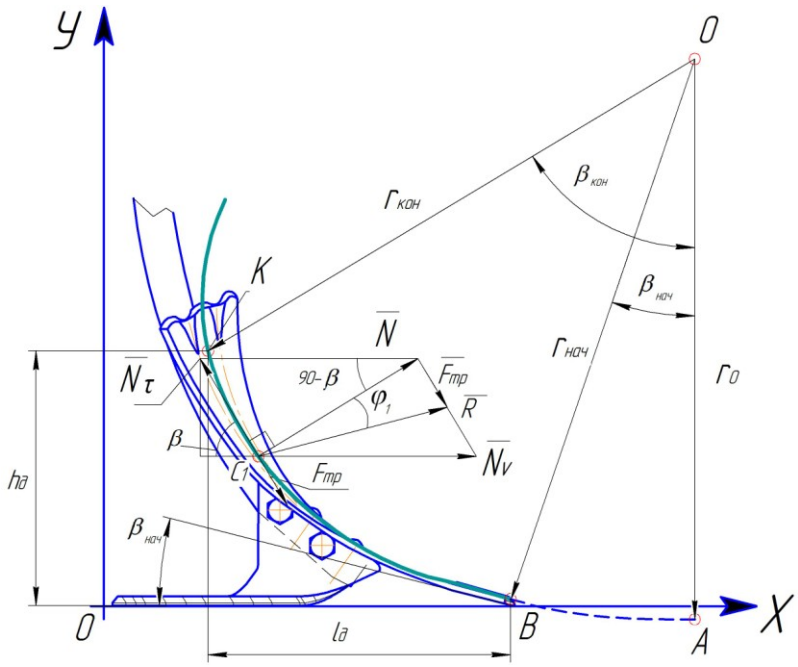


Рис. 3. **Расчётная схема к обоснованию конструктивных параметров долота рабочего органа стерневого культиватора**

Fig. 3. **Calculation model to substantiate the design parameters of the bit of the stubble cultivator working body**

Выше критической точки *K* будет начинаться оборот подрезанного пласта почвы, что недопустимо.

Уравнение логарифмической спирали, описывающей форму профиля рабочей поверхности в полярных координатах, имеет вид [5]:

$$r_i = r_0 \cdot e^{\theta_i \cdot \mathrm{tg}\,\varphi_2}, \quad (10)$$

где r_0 – нулевой радиус-вектор; e – основание натурального логарифма; θ_i – текущий полярный угол; φ_2 – угол внутреннего трения почвы.

Располагая нулевой радиус-вектор вертикально в соответствии со схемой на рисунке 3 получили, что величина текущего полярного угла θ_i на участке BC_1K будет совпадать с углом крошения β профиля лапы. Точка *B* соответствует носку долота и определяется полярным углом $\beta_{нач}$, а точка *K* – точке окончания логарифмического профиля долота с соответствующим углом $\beta_{кон}$.

Подставив в уравнение (10) координаты точек *B* и *K*, получим:

$$\begin{cases} r_{нач} = r_0 \cdot e^{\beta_{нач} \cdot tg\,\varphi_2}; \\ r_{кон} = r_0 \cdot e^{\beta_{кон} \cdot tg\,\varphi_2}. \end{cases} \quad (11)$$

Исключая нулевой радиус-вектор r_0 из системы уравнений (11), будем иметь:

$$r_{кон} = r_{нач} \cdot e^{(\beta_{кон} - \beta_{нач}) \cdot tg\,\varphi_2}. \quad (12)$$

Высота криволинейного участка долота $h_д$ должна быть равна глубине обработки $h_{обр}$ и, в соответствии с расчётной схемой, определяется:

$$h_д = h_{обр} = r_{нач} \cdot \cos\beta_{нач} - r_{кон} \cdot \cos\beta_{кон}. \quad (13)$$

С учетом выражения (11), получили:

$$h_{обр} = r_{нач} \cdot (\cos\beta_{нач} - e^{(\beta_{кон} - \beta_{нач}) \cdot tg\,\varphi_2} \cdot \cos\beta_{кон}. \quad (14)$$

Преобразовав выражение (14), получили начальный радиус-вектор:

$$r_{нач} = \frac{h_{обр}}{\cos\beta_{нач} - e^{(\beta_{кон} - \beta_{нач}) \cdot tg\,\varphi_2} \cdot \cos\beta_{кон}}. \quad (15)$$

Подставляя выражение (15) в (11) выразим нулевой радиус-вектор:

$$r_0 = \frac{h_{обр}}{(\cos\beta_{нач} - e^{(\beta_{кон} - \beta_{нач}) \cdot tg\,\varphi_2} \cdot \cos\beta_{кон}) \cdot e^{\beta_{нач} \cdot tg\,\varphi_2}}. \quad (16)$$

Таким образом, уравнение для построения формы профиля рабочей поверхности долота стерневого культиватора будет иметь вид:

при $\beta_{нач} < \beta < \beta_{кон}$

$$r_i = \frac{h_{обр}}{(\cos\beta_{нач} - e^{(\beta_{кон} - \beta_{нач}) \cdot tg\,\varphi_2} \cdot \cos\beta_{кон}) \cdot e^{\beta_{нач} \cdot tg\,\varphi_2}} \cdot e^{\beta \cdot tg\,\varphi_2}. \quad (17)$$

Длину проекции логарифмической части долота определили по выражению:

$$l_д = r_{кон} \cdot \sin\beta_{кон} - r_{нач} \cdot \sin\beta_{нач} \quad (18)$$

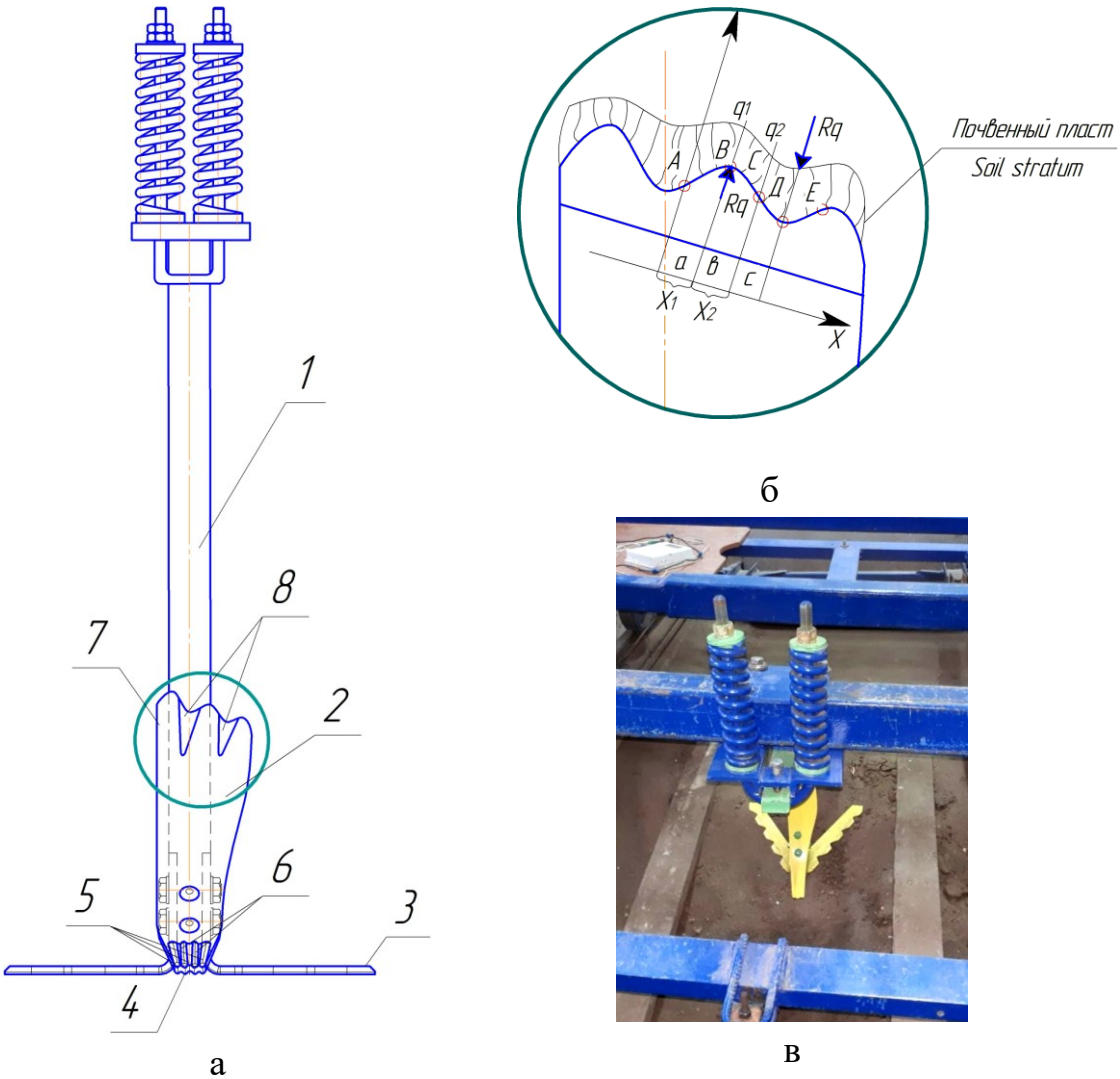
С учётом выражения (12):

$$l_д = r_{нач} \cdot (\sin\beta_{кон} - e^{(\beta_{кон}-\beta_{нач})\cdot tg\,\varphi_2} \cdot \sin\beta_{нач}). \quad (19)$$

С учётом выражения (13):

$$l_д = \frac{h_{обр}\,(sin\,\beta_{кон} - e^{(\beta_{кон}-\beta_{нач})\cdot tg\,\varphi_2 \cdot sin\,\beta_{нач})}}{cos\,\beta_{нач} - e^{(\beta_{кон}-\beta_{нач})\cdot tg\,\varphi_2 \cdot cos\,\beta_{кон}}}. \quad (20)$$

Выполнение верхней части долота в виде зубчатого крошащего профиля обеспечит создание знакопеременных нагрузок в поперечном сечении пласта и обеспечит минимальную энергоемкость при наиболее интенсивном его крошении перед сходом с рабочего органа [12]. В соответствии с расчетной схемой (рис. 4, б) на участках АВ и ВС пласт почвы испытывает растягивающие напряжения, а на участках СД и ДЕ – сжимающие. В точках перегиба А, С и Е будут возникать разрушающие пласт почвы напряжения изгиба. По бионическому прототипу жука-скарабея (*Scarabaeus*) разработана конструкция стерневого культиватора (рис. 4, а) [13].



а б в

Рис. 4. **Рабочий орган стерневого культиватора: а) вид спереди; б) схема движения почвенного пласта по верхней части долота; в) натурный образец рабочего органа стерневого культиватора в почвенном канале**

Fig. 4. **Working body of a stubble cultivator: a) front view; b) the scheme of movement of the soil layer along the upper part of the bit; c) full-scale sample of the working body of a stubble cultivator in the soil channel**

Рабочий орган стерневого культиватора содержит С-образную стойку 1 (рис. 4 а, б) с долотом 2 и крыльями 3. Режуще-крошащее долото 2 расположено в нижней части стойки 1. Оно выполнено расширяющимся снизу вверх по форме логарифмической кривой и имеет в активной своей части зубчатую переднюю режущую кромку 4 (рис. 4, 2) с тремя продольными выступами 5 (рис. 2) округлой формы и двумя продольными впадинами 6 округлой формы.

Также долото имеет заднюю зубчатую крошащую кромку 7 с двумя продольными впадинами 8, имеющими коническую форму. На стойке 1 установлены крылья 3. Их рабочая поверхность 9 и режущая кромка 10 выполнены в виде четырёх зубьев 11 и трёх впадин 12 (рис. 2), имеющих формы синусоиды.

Экспериментальная проверка основных показателей работы пружинного выравнивателя почвы (рис. 4, в), выполненная в почвенном канале экспериментальной лаборатории кафедры «Механизация и технический сервис в АПК» АБиП КФУ им. В.И. Вернадского, подтвердила целесообразность его использования.

Среднее значение твердости почвы составило р = 180 Н/см^2, деформационного показателя почвы – ν = 2,27×10^{-7} м^2/Н.

В ходе проведения экспериментальных проходов исследовали характер взаимодействия экспериментального рабочего органа стерневого культиватора с почвой в сравнении с рабочим органом серийного культиватора КПЭ-3,8 [14].

На рисунке 5 показаны графические зависимости тягового сопротивления рабочего органа стерневого культиватора от скорости движения в сравнении с серийным рабочим органом.

Тип выравниваемой почвы – чернозем южный карбонатный среднесуглинистый. В процессе проведения испытаний в почвенном канале среднее значение влажности почвы составило 16%.

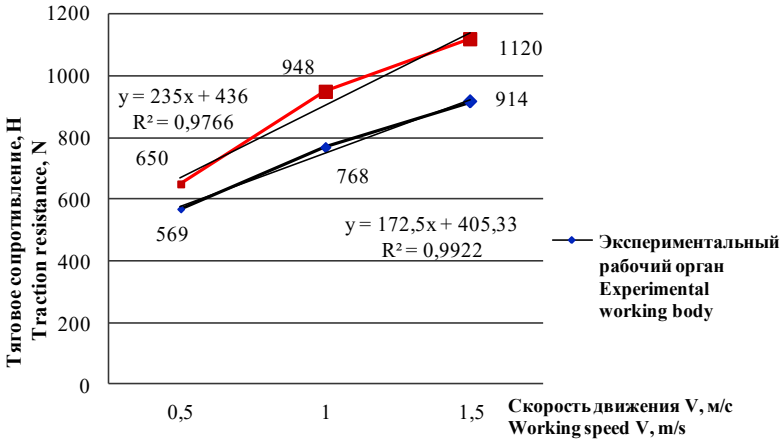


Рис. 5. **График зависимости тягового сопротивления рабочих органов от скорости движения при глубине обработки 12 см**

Fig. 5. **Graph of dependence of traction resistance of the working bodies on the speed at a processing depth of 12 cm**

Анализируя данные графической зависимости, можно сделать вывод, что на рост величины тягового сопротивления рабочего органа большее влияние оказывает скорость обработки почвы. Тяговое сопротивление предложенного рабочего органа меньше на 16,5%, чем тяговое сопротивление серийного образца. Это объясняется тем, что волнистые лезвия крыльев лапы и долота снижают тяговое сопротивление рабочего органа при работе.

Выводы. 1. В соответствии с биосистемным подходом, а также на основании усовершенствованной в результате теоретических исследований функциональной схемы, разработана новая конструкция стерневого культиватора (заявка на изобретение РФ № 2017107589).

2. На основе анализа особенностей строения бионического прототипа жука-скарабея аналитически обоснованы: количество (n = 4), высота (h = 10…14 мм) и шаг расстановки (S = 14…16 мм) зубьев носка долота

3. При анализе лобовой части головы жука-скарабея аналитически обоснована форма профиля рабочей поверхности долота стерневого культиватора в виде логарифмической спирали с переменным углом крошения.

3. Экспериментальные исследования показали снижение тягового сопротивления предложенного рабочего органа стерневого культиватора на 16,5% в сравнении тяговым сопротивлением серийного образца.

Список литературы

1. Шапорев А.Н., Трубилин Е.И. Обзор конструкций серийных культиваторов для стерневой обработки почвы. Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. статей по материалам X Всеросс. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И.С. Косенко. 2017. С. 654-655. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=29131296.

2. Маслов Г.Г., Юдина Е.М., Журий И.А. Эффективность поверхностной обработки почвы стерневым многофункциональным культиватором. Тракторы и сельхозмашины. 2018;(3):7-11.

3. Бекетов В.Г. Повышение урожайности яровой пшеницы с применением ресурсосберегающей сеялки-культиватора точного высева. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013;(5):122-125. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=19012049.

4. Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю., Соболевский И.В. Развитие бионического направления в земледельческой механике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(4):68-74. Режим доступа: https://elibrary.ru/ item.asp?id=29739684.

5. Пикмуллин Г.В., Булгариев Г.Г. Методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2011;6(1):107-109. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=15618929.

6. Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В., Яланузян А.А. Обоснование параметров стерневого культиватора по бионическому подобию. Дни науки крымского федерального университета им. В. И. Вернадского: сб. тр. III научной конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. Симферополь: Крымский ФУ, 2018. С. 117-119. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=32599667.

7 Jianqiao L., Yunpeng Y., Benard C., Xuejiao W., Zhaoliang W., Meng Z. Bionic Design for Reducing Adhesive Resistance of the Ridger Inspired by a Boar's Head. Applied Bionics and Biomechanics. 2017. Article ID 8315972, 10 p. 2017. DOI: https://doi.org/10.1155/2017/8315972.

8. Liu R., Yao J.H., Zhang Q.L., Collier R. Sliding wear and solid-particle erosion resistance of a novel high-tungsten Stellite alloy. Wear. 322–323 (2015) 41–50.

9. Слободян С.М., Романишин А.Е., Романишина С.А. Скольжение почвы по режущему элементу рабочего органа. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014;(7):146-153. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21812965.

10. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины. Сельское хозяйство. 2017;(1): 48-55. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=28880486.

11. Chirende B, Li J Q, Wen L G, et al. Effects of bionic non-smooth surface on reducing soil resistance to disc ploughing. Sci China Tech Sci. 2010(53): 2960−2965. DOI: 10.1007/s11431-010-4128-8.

12. Шовкопляс А.В. Теоретическое обоснование формы рабочего органа. Инновации в сельском хозяйстве. 2015;(4):90-96. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25379969.

13. Бабицкий Л.Ф., Соболевский И.В., Яланузян А.А. Рабочий орган стерневого культиватора: пат. на полезную модель № 173203 Рос. Федерация. № 2017107589; заявл. 07.03.2017; опубл. 16.08.2017. Бюл. № 23. 8 с. Режим доступа: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn=1872&DocNumber=173203&TypeFile=html.

14. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. Под общ. ред. В.М. Пронина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.

Поступила: 12.11.2018 Принята к публикации: 28.03.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:

Бабицкий Леонид Федорович, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой механизации и технического сервиса в АПК, Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», п. Аграрное, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295492, e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8540-7229**,
e-mail: kaf-meh@rambler.ru,

Соболевский Иван Витальевич, кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК, Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», п. Аграрное, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295492, e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1338-9065,**

Куклин Владимир Алексеевич, кандидат техн. наук, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК, Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», п. Аграрное, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295492, e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6692-9523.**

References

1. Shaporev A.N., Trubilin E.I. *Obzor konstruktsiy seriynykh kul'tivatorov dlya sternevoy obrabotki pochvy.* [Review of designs of serial cultivators for stubble tillage]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. statey po materialam Kh Vseross. konf. molodykh uchenykh, posvyashch. 120-letiyu I. S. Kosenko*. [Collection of articles on the materials of the 10th All-Russian Conference of young scientists devoted to the 120th anniversary of I. S. Kosenko]. 2017. pp. 654-655. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29131296.

2. Maslov G.G., Yudina E.M., Zhuriy I.A. *Effektivnost' poverkhnostnoy obrabotki pochvy sternevym mnogofunktsional'nym kul'tivatorom.* [Efficiency of surface tillage with a multipurpose stubble cultivator]. *Traktory i sel'khozmashiny*. 2018;(3):7-11. (In Russ.).

3. Beketov V.G. *Povyshenie urozhaynosti yarovoy pshenitsy s primeneniem resursosberegayushchey seyalki-kul'tivatora tochnogo vyseva.* [Increase of spring wheat yield with the use of resource-saving seeder-cultivator of precise sowing]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2013;(5):122-125. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19012049.

4. Babitskiy L.F., Moskalevich V.Yu., Sobolevskiy I.V. *Razvitie bionicheskogo napravleniya v zemledel'cheskoy mekhanike.* [Development of bionic approach in agricultural mechanics]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2017;(4):68-74. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29739684.

5. Pikmullin G.V., Bulgariev G.G. *Metodika proektirovaniya formy rabochego organa kul'tivatora dlya predposevnoy obrabotki pochvy*. [Methods of designing the form of the cultivator working body for the secondary tillage]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2011;6(1):107-109. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15618929.

6. Babitskiy L.F., Sobolevskiy I.V., Yalanuzyan A.A. *Obosnovanie parametrov sternevogo kul'tivatora po bionicheskomu podobiyu.* [Substantiation of the parameters of the stubble cultivator in bionic similarity]. *Dni nauki krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo: sb. tr. III nauchnoy konf. professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, studentov i molodykh uchenykh.* [Proceedings of the 3d scientific Conference of the teaching staff, graduate students and young scientists "Days of science of the Crimean Federal University. V. I. Vernadsky"]. Simferopol': *Krymskiy FU,* 2018. pp. 117-119. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32599667.

7 Jianqiao L., Yunpeng Y., Benard C., Xuejiao W., Zhaoliang W., Meng Z. Bionic Design for Reducing Adhesive Resistance of the Ridger Inspired by a Boar's Head. Applied Bionics and Biomechanics. 2017. Article ID 8315972, 10 p. 2017. DOI: https://doi.org/10.1155/2017/8315972.

8. Liu R., Yao J.H., Zhang Q.L., Collier R. Sliding wear and solid-particle erosion resistance of a novel high-tungsten Stellite alloy. Wear. 322–323 (2015) 41-50.

9. Slobodyan S.M., Romanishin A.E., Romanishina S.A. *Skol'zhenie pochvy po rezhushchemu elementu rabochego organa.* [Sliding of soil along the cutting element of the working body]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2014;(7):146-153. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21812965.

10. Syromyatnikov Yu.N. *Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa dvizheniya pochvy po lemekhu pochvoobrabatyvayushchey rykhlitel'no-separiruyushchey mashiny.* [Improving the efficiency of the technological process of soil movement along the ploughshare of the tillage loosening-separating machine]. *Sel'skoe khozyaystvo.* 2017;(1):48-55. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28880486.

11. Chirende B, Li J Q, Wen L G, et al. Effects of bionic non-smooth surface on reducing soil resistance to disc ploughing. Sci China Tech Sci. 2010(53): 2960-2965. DOI: 10.1007/s11431-010-4128-8.

12. Shovkoplyas A.V. *Teoreticheskoe obosnovanie formy rabochego organa.* [Theoretical substantiation of the shape of the working body]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve.* 2015;(4):90-96. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25379969.

13. Babitskiy L.F., Sobolevskiy I.V., Yalanuzyan A.A. *Rabochiy organ sternevogo kul'tivatora.* [The working body of the stubble cultivator]. Patent RF, № 173203, 2017. (In Russ.). URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&rn= 1872&DocNumber=173203&TypeFile=html.

14. *Sravnitel'nye ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: nauch. izdanie.* [Comparative tests of agricultural machinery: scientific. edition]. Pod obshch. red. V.M. Pronina. Moscow: *FGBNU «Rosinformagrotekh»*, 2013. 416 p.

Received: 12.11.2018 Accepted for publication: 28.03.2019 Published online: 30.04.2019

Information about authors:

Leonid F. Babitsky, DSc in Engineering, professor, Head of the Department of Mechanization and Technical Service in the AIC, Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, vil. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295492, e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8540-7229**, e-mail: kaf-meh@rambler.ru,

Ivan V. Sobolevsky, **PhD in Engineering**, associate professor, Associate Professor of the Department of Mechanization and Technical Service in the AIC, Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, vil. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295492, e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1338-9065**,

Vladimir A. Kuklin, **PhD in Engineering**, associate professor of the Department of Mechanization and Technical Service in the AIC, Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, vil. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295492,
e-mail: rectorat@abip.cfuv.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6692-9523.**

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199
УДК 636: 004.8

(cc) BY

Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы*

© 2019. Ю.А. Цой, Р.А. Баишева
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Авторами статьи дано понятие «умная» ферма как инструмент поддержки принятия решений, приведены необходимые условия ее функционирования. Целью исследования данной работы является разработка концепции создания «умной» молочной фермы с привлечением современного системного подхода и интеллектуальных технологий биомашсистем. Рассмотрены условия, влияющие на функционирование «умной» молочной фермы по В.П. Горячкину, П.К. Анохину, Я. Гулсен. Представлена структура управления на молочной ферме в виде расширенной эргатической системы. Сформулированы задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера (отсутствие достаточной информации) на молочной ферме и приведены пути решения данной проблемы. Обозначены приоритетные направления и разработки для создания «умной» молочной фермы, обеспечивающие снижение трудоемкости процессов на ферме, повышение продуктивного долголетия коров в 2-2,5 раза. Предложен метод оптимизации процессов кормления на ферме, который позволит в 1,5-2 раза повысить усвояемость по сравнению с традиционными технологиями. Представлен бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров, позволяющий снизить процент заболеваемости коров маститом.

Ключевые слова: *категорная теория систем, эргатическая система, неопределенность информации, аппаратно-программный комплекс, система управления*

Для цитирования: Цой Ю.А., Баишева Р.А. Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):192-199. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199.

Благодарности: Исследования выполнены в рамках государственного задания (тема НИР №0581-2019-0009).

Technological aspects of smart dairy farm development

© 2019. Yuri A. Tsoy, Ravza A. Baisheva
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The article introduces the concept of «smart» farm as a tool for decision making support and provides the requirements necessary for its functioning. The aim of the research is the development of the concept of "smart" farm using modern system approach and intellectual technologies of biomachine systems. The conditions influencing the "smart" dairy farm operation according to V.P. Goryachkin, P.K. Anokhin and YA. Gulsen are outlined. The structure of management on a dairy farm in the form of the expanded ergatic system is presented. The problems associated with the uncertainty of subjective nature (lack of sufficient information) on the dairy farm are formulated and the ways of solving these problems are given. The priority areas and projects for the development of a «smart» dairy farm are outlined. They should provide reduction in labor intensity of all operations on a farm and 2-2.5 times increase in productive longevity of cows. The technology of optimization of feeding processes on the farm leading to 1.5-2 times rise in digestibility as compared to traditional methods is introduced. A non-contact hardware and software complex of video and digital identification of udder and joint diseases in cows is shown. It should lead to decrease in mastitis disease rate in cows.

Key words: *category systems theory, ergatic system, uncertainty of information, hardware and software complex, management system*

For citation: Tsoy Y.A., Baisheva R.A. Technological aspects of smart dairy farm development. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):192-199. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199.

Молочная отрасль среди других отраслей сельского хозяйства наиболее социально значима для укрепления и развития сельских территорий во всех регионах.

Впервые термин «умная» ферма начали применять в англоязычной литературе (smart farm). По аналогии с термином «умный» дом (smart house) термин «умная» ферма подразумевал высокоавтоматизированную сельскохозяйственную ферму, в которой благодаря интеллектуальной составляющей в проектировании и управлении машинами фермеры могут объединить данные, полученные с датчиков со знаниями специалистов. «Умная» ферма, по определению зарубежных специалистов [1, 2, 3, 4], должна предоставить владельцам современных молочных ферм – инструмент поддержки принятия решений и технологий автоматизации, позволяющий органично объединить оборудование, услуги и интеллектуальную составляющую (знания) для повышения качества молока, управления стадом, повышения продуктивности и рентабельности.

*Опубликована по материалам доклада на Международной научной конференции «Энергосберегающие агротехнологии и техника для северного земледелия и животноводства» (г. Киров, 2018 г.).

Исходя из сформированного определения «умной» фермы необходимыми условиями для ее функционирования должно быть следующее:

- информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;
- минимизация неопределенностей, в т. ч. и влияния «человеческого» фактора;
- максимальный учет природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;
- наличие подготовленных кадров.

Разработка и освоение новых автоматизированных и роботизированных технических средств в сочетании с модернизацией и цифровизацией существующей системы машин позволит оптимизировать затраты и сократить сроки реализации проекта, создаст потенциальные условия для расширения масштабов применения цифровых технологий в молочной отрасли.

Цель исследования – разработка концепции создания «умной» молочной фермы, для чего привлекается современный системный подход и интеллектуальные технологии биомашсистем.

Материал и методы. Как объект анализа, ферма по своей структуре представляет собой эргатическую человеко-машинную систему, дополненную третьим элементом – животным, точнее, расширенную эргатическую систему по Ю.А. Цою [5], являющуюся частным случаем общих биомашсистем.

Для осуществления процесса получения продукции на ферме по В.П. Горячкину[1] необходимым условием являются источник энергии – корм, приемник энергии – животное и аккумулятор энергии – молоко, мясо и др.

К этому необходимо добавить достаточное условие – наличие потребителя, оплачивающего продукцию, создавая обеспечивающую доходность фермы прибыль или по П.К. Анохину [6] системообразующий фактор, который, как и в биомашсистемах, организует компоненты системы в направлении достижения результата и фактически формирует целостную систему.

Рассматриваемая четырехзвенная система функционирует в конкурентной среде, где имеются и другие производители. В этих условиях главной целью управления фермой является обеспечение ее доходности, что является ключевым и системообразующим фактором для ее устойчивого развития. По оценке Минсельхоза РФ[2], использование цифровых технологий в АПК за счет точечной оптимизации затрат и более эффективного распределения средств позволит повысить рентабельность производства, в том числе снизить расходы почти на четверть.

По J. Hulsen [7], известному в Западной Европе менеджеру по молочным фермам, жизнедеятельность и продуктивность коров зависит от 7 факторов: корм – вода, свет – воздух, здоровье, отдых – спокойствие. К этим факторам нужно добавить доение, которое в результате воздействия человека эволюционировало в условно приобретенный рефлекс. Обеспечение необходимых и достаточных условий производства и управления перечисленными факторами и составляет суть подсистемы управления молочной фермой как расширенной эргатической системой или биомашсистемой.

Исходя из доходности фермы и факторов ее определяющих, структура молочной фермы, как расширенной эргатической системы, может быть представлена в следующем виде (рис. 1). Из схемы видно, что задачи управления носят многоплановый характер, начиная от управления отдельными машинами и процессами и задачами по принятию решений в условиях волатильности факторов, определяющих как продуктовый, так и инфраструктурный рынок.

Согласно ранее упомянутой трехзвенной интерпретации процесса по В.П. Горячкину[1] определяющими блоками системы управления будут: система кормления («источник энергии»); воспроизводство стада или система управления стадом («приемник энергии»); доение, как блок, регистрирующий конечные результаты. По прогнозу зарубежных ученых [4] в перспективе части управления эпигеном и микробиомом на ферме, стада будут рассматриваться как суперорганизмы, а исследование стад как наблюдательных единиц приведёт к управлению скотом разного возраста и этапов производства. Существует целый ряд алгоритмов и программ по оптимизации рационов кормления, некоторые из них входят в систему управления стадом.

[1]Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. IV. М.: Сельхозгиз, 1940. С. 285-315.
[2]Оленина Е. Земледельцы доверились «цифре». Вестник агропромышленного комплекса. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://vestnikapk.ru/articles/aktualno/zemledeltsy-doverilis-tsifre/.

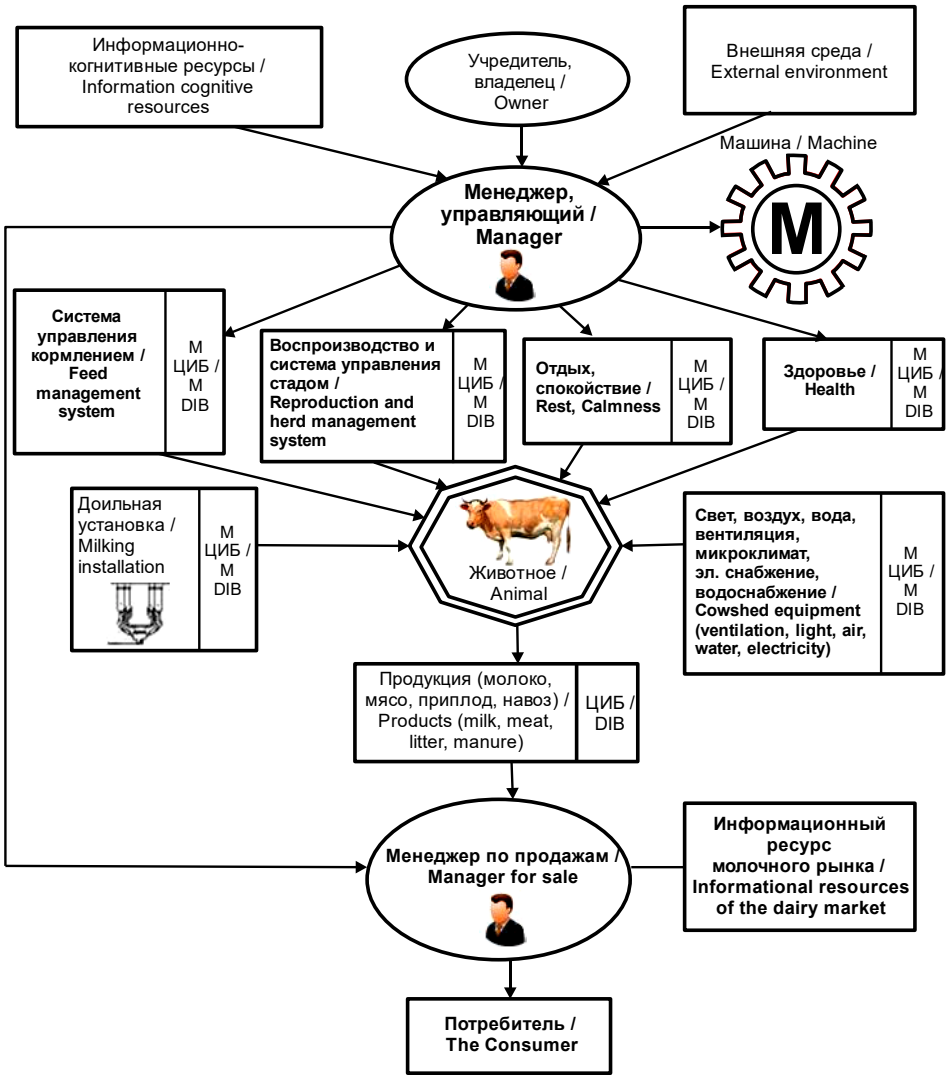


Рис. 1. **Структура молочной фермы как расширенной эргатической системы: М – выполнение процесса машиной; ЦИБ – цифровой информационный блок**

Fig. 1. **The structure of a dairy farm as an extended ergatic system: M – mechanized process; DIB – digital information block**

В соответствии с программой «Цифровая экономика Российской Федерации»[3] представление «данных в цифровой форме является ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности».

Каждый фактор, определяющий жизнедеятельность и функционирование фермы, как расширенной эргатической системы «человек-машина-животное», представлен в виде отдельного блока, содержащего в том или ином виде (датчик, техническое устройство и т.д.) цифровой информационный блок (ЦИБ), соединенный информационными каналами с ПК лица, принимающего решения (ЛПР). Оснащение этими блоками (ЦИБ) является первоочередной задачей.

База данных формируется в виде функциональных файлов по каждому из основных факторов. Соответственно по каждому из них, в зависимости от задач анализа, разрабатываются комплекс алгоритмов и программное обеспечение, а также выходные формы. Результаты анализа полученных данных дают основание для принятия решения [8].

В общем случае все материальные потоки (корм, молоко, навоз, вода, ГСМ и т.д.) должны быть измерены, и информация доведена до сведения менеджера для анализа и принятия решения. Анализ существующих технологических решений и системы машин показывает их несоответствие этим требованиям.

[3]Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная Правительством РФ от 28.07.2017 г. № 1632-р, http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

Однако большая часть из них может быть адаптирована к цифровым технологиям путем их модернизации, что позволит существенно сократить затраты и сроки реализации проекта и системы машин.

Отличительной особенностью систем управления большинства ферм России является следующее:

- два звена в верхнем эшелоне управления: непосредственно управляющий менеджер на ферме и владелец или учредитель предприятия;
- наличие информационной и ситуационной неопределенности и многоплановый характер задач управления.

Необходимость учесть в какой-то степени неопределенности позволит упорядочить и облегчить переход к практической реализации рассматриваемых вопросов.

К «белой» ситуации, когда неопределенность информации $H_и = 0$, можно отнести технологические процессы, полностью обеспеченные соответствующими датчиками входных сигналов и параметрами функционирования процесса. Например, при наличии датчиков освещенности может быть полностью автоматизировано управление освещением в зависимости от половозрастных групп животных и уровня естественной освещенности.

Задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера:

- отсутствие достаточной информации или, как указано в работе [9], гносеологическая неопределенность. Например, большинство ферм не оснащены датчиками освещенности, скорости движения воздуха, содержания углекислого газа, аммиака, температуры воздуха. Это не позволяет управлять микроклиматом и освещенностью. В принципе этот класс неопределенности может быть удален за счет установки соответствующих датчиков. В этом случае управление этими процессами может быть реализовано в виде автоматических систем;
- задачи управления, связанные с частичной неопределенностью объективного характера ($H_и > 20\%$). Применительно к ферме это природно-климатические условия и катаклизмы, которые могут повлиять на количество и качество заготавливаемого корма, кризисные явления – на стоимость энергии и ГСМ, цены на продукцию. К этому же классу относится неопределенность, вызванная зависимостью от действия других субъектов управления (смена владельца, учредителей, партнеров и др.), а также «человеческим» фактором исполнителей;
– управление в условиях неопределенности, вызванной нечеткостью «… целей, ограничений, при которых последствия возможных действий неизвестны …» ($H_и = 100\%$). При проектировании эргатических человеко-машинных систем необходимо, по мнению Л. Заде [10], основоположника теории нечетких множеств, учитывать то, что «… элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств, для которых переход от «принадлежности к классу» к непринадлежности не скачкообразен, а непрерывен…» [10, с 15].

Перечисленные неопределенности, возникающие в процессе управления, и их характер не позволяют к тому же использовать существующие классические методы оптимального управления. Тем не менее, выход имеется и состоит в использовании новых современных подходов в теории систем и искусственном интеллекте, что предусмотрено настоящей концепцией.

Результаты и их обсуждение. Правильность выбора изложенного общего тренда направленности построения «умной» молочной фермы, затрагивающего наиболее существенное в повышении продуктивности, а именно построение и поддержание подсистемы управления, иллюстрируется следующими практическими примерами влияния человеческого фактора и уровня управления на работу системы.

По данным В.М. Корнеева [11], по статистике из каждых четырех авиационных происшествий три приходятся на результаты ошибочных и недостаточно эффективных действий летного состава. Причем из года в год это соотношение не меняется.

Иллюстрацией являются также данные по работе молочных ферм в рамках одного из районов Ярославской области (рис. 2).

Из приведенных диаграмм видно, что при потенциально одинаковых информационных и когнитивных ресурсах, природно-климатических условиях наблюдается большой разброс как по удоям, так и по рентабельности молочных ферм.

Обеспечение устойчивого развития любого производства возможно только на инновационной основе с постоянной нацеленностью на внедрение достижений научно-технического прогресса. Поэтому использование информационно-когнитивных ресурсов является обязательным условием для эффективного производства.

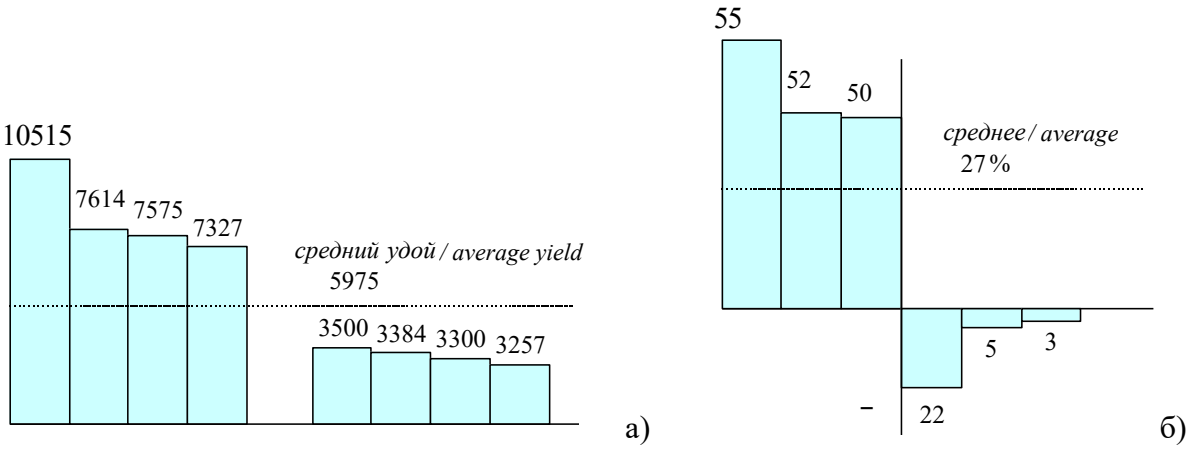


Рис. 2. **Данные по работе молочных ферм в 2016 году по одному из районов Ярославской области: а) удой, кг/год; б) рентабельность хозяйства, %**

Fig. 2. **Data of dairy farm operation in Yaroslavl region in 2016: a) yield of milk, kg/year; b) farm profitability, %**

Основным фактором формирования себестоимости молока являются корма, которые порой составляют 65% и более от общих затрат на молочно-товарных фермах. Стоимость машин и оборудования не превышает 15% от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет около 13% .

В качестве приоритетных выделяются следующие направления и разработки, ряд из которых получил обоснование в [12]:

1) создание автоматизированных средств для оценки количества, качества и состава кормов, начиная с уборки и хранения. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей. Общая схема информатизации и оптимизации процессов кормления представлена на рисунке 3;

Рис. 3. **Общая схема информатизации и оптимизации процессов кормления**

Fig. 3. **General scheme of informatization and optimization of feed process**

2) разработка биокаталитической конверсии фуражного зерна путем высокоградиентного механического и ферментативного воздействия, что позволит превратить высокомолекулярные соединения клетчатки, крахмала и других составляющих зерна в низкомолекулярные легкоусвояемые формы. Предлагаемый метод позволит в 1,5-2 раза повысить усвояемость

по сравнению с традиционными технологиями (дробление, плющение, экстругирование и др.);

3) роботизированные средства для приготовления и раздачи полнорационных кормосмесей с возможностью дозирования высокоэнергетических компонентов различным половозрастным группам животных;

4) автоматизированные доильные модули с почетвертным выдаиванием и мониторингом качества молока для технического переоснащения функционирующих доильных залов;

5) автоматизированные доильные аппараты с АСУ ТП для линейных доильных установок с молокопроводом;

6) безхлорная технология и средства для нейтрализации (обеззараживания) биоматериалов с использованием нейтрального анолита с получением его из любой воды, что позволит обеспечить дезинфекцию и стерилизацию оборудования, строений, транспорта, скотомогильников, высокоэффективных даже по сибирской язве и африканской чуме;

7) создание автоматизированной технологии и оборудования с использованием технического зрения для проведения бонитировочных работ с обработкой и предоставлением данных в электронном или бумажном виде;

8) разработка комплекта датчиков и программно-аппаратных средств для оценки физиологического состояния животных;

9) автоматизированный контроль качества молока в потоке на доильных установках (белок, жир, соматика);

10) технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров (рис. 4).

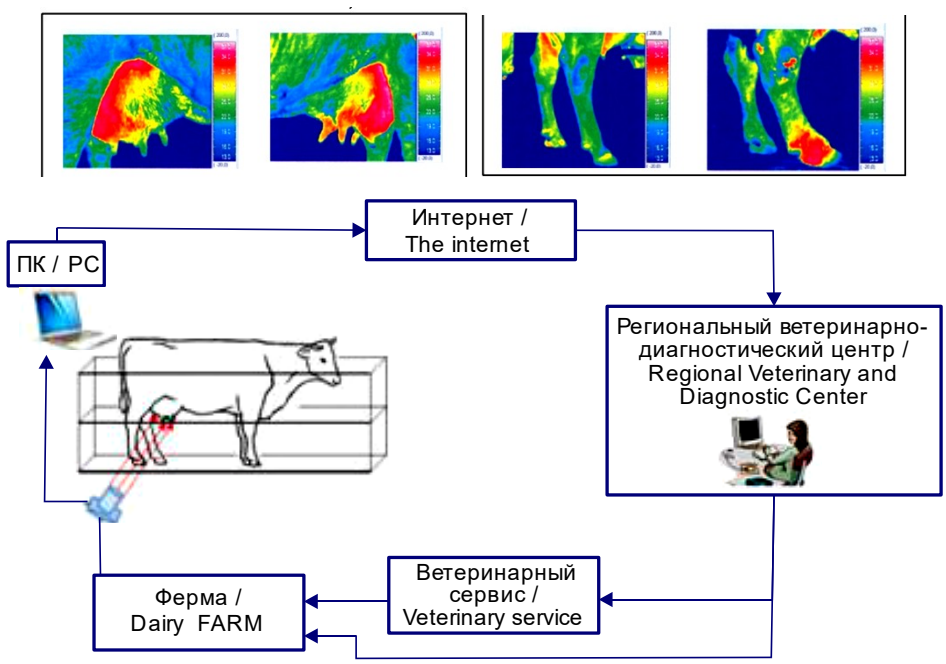


Рис. 4. **Технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров**

Fig. 4. **Technology and noncontact hardware and software complex of video and digital identification of udder and hoof diseases in cow**

Востребованность и эффективность практической реализации направлений обусловлена, в частности, тем, что за годы перестройки в хозяйствах по ряду причин образовался дефицит квалифицированных зоотехнических и ветеринарных кадров, особенно среднего звена. Например, из-за трудоемкости и отсутствия кадров, сегодня разрешено не проводить промеры при бонитировке скота для записи в племенных книгах. Все перечисленные направления предусматривают измерение и получение необходимой информации в цифровом виде с идентификацией номера животного. Это позволяет при наличии интернета осуществлять централизованно сбор, обработку и интерпретацию цифрового материала в специальных региональных центрах, укомплектованных квалифицированными специалистами.

Одним из проблемных вопросов развития молочных ферм в стране является сокращение продуктивного долголетия коров, вследствие

чего отмечается негативная тенденция на сокращение поголовья коров в стране.

По данным Минсельхоза РФ[4], в стране для обеспечения индикаторных показателей доктрины о продовольственной безопасности необходимо увеличить поголовье на 1 млн коров. Средняя продолжительность продуктивного долголетия составляет 2-3 года, при которой коэффициент воспроизводства составляет менее 1, т.е. не обеспечивается воспроизводство стада. Исследованиями доказано, что с ростом продуктивности сопровождается снижение продуктивного долголетия [13, 14]. Вместе с тем практика, многочисленные опыты и исследования показали, что пастьба животных увеличивает продуктивное долголетие в 2-2,5 раза [15]. В Голландии на законодательном уровне обязывают фермеров пасти животных в оздоровительных целях. В последние годы практическая реализация этого мероприятия столкнулась с трудно разрешимой социальной проблемой – нехваткой пастухов. В этой связи представляет большой интерес роботизация процесса пастьбы животных. Образцы подобных устройств созданы в Австралии, Голландии.

Выводы. Обеспечение необходимых и достаточных условий для производства и управления факторами, определяющими жизнедеятельность и продуктивность животных, и составляют суть «умной» молочной фермы. По мнению специалистов, к этим факторам, в первую очередь, относятся полнорационное кормление и способ содержания коров. Перспективным считается скармливание заготовленных в хозяйствах кормов в виде полнорационных кормосмесей. Причем кормосмеси для получения максимальной отдачи должны быть сбалансированными по питательности в зависимости от продуктивности, сроков лактации, возраста животных и т.д. Также одним из важнейших факторов является обеспечение комфортного содержания животных с применением интеллектуальной системы мониторинга и управления микроклиматом. Концептуальную основу интеллектуальной техники для доения составляет создание таких автоматизированных исполнительных механизмов для доения, которые могут быть использованы как в составе новых доильных установок, так и для модернизации реально работающих установок в доильных залах и стойлах в молокопровод. Такой подход при существенно меньших затратах средств и времени переведет доение на более высокий цифровой уровень с использованием элементов интеллектуального управления.

Список литературы

1. Schönfeld V., Max & Heil, Reinhard & Bittner, Laura. (2018). Big Data on a Farm - Smart Farming. DOI: 10.1007/978-3-319-62461-7_12.

2. Nayyar, Anand & Puri, Vikram. (2016). Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology. 673-680. DOI: 10.1201/9781315364094-121.

3. Pedersen S.M., Lind K.M. (eds.), (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives, Progress in Precision Agriculture. DOI: 10.1007/978-3-319-68715-5_2.

4. Britt J.H., Cushman R.A., Dechow C.D., Dobson H., Humblot P., Hutjens M.F. et al. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Journal of Dairy Science. 2018;101(5):3722 - 3741. DOI: 10.3168/jds.2017-14025.

5. Цой Ю.А., Баишева Р.А. Повышение надежности функционирования эргатических систем управления молочной фермой. Вестник ВИЭСХ. 2018;(4(33)):90-94. Режим доступа: http://vestnik.viesh.ru/jour-nal/vypusk-4-33-2018/.

6. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 402 с.

7. Hulsen J., Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010. p.48.

8. Черноиванов В.И., Судаков С.К., Толоконников Г.К. Биомашсистемы, функциональные системы, категорная теория систем. М.: НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАН, ФНАЦ ВИМ РАН, 2018. 446 с.

9. Розенберг И.Н. Управление в условиях неопределенности. Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. №7 (79). Номер статьи: 7902. Дата публикации: 2017-07-31. Режим доступа: https://sov-man.ru/article/7902/.

10. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В сборнике «Математика сегодня». М.: «Знание», 1974. С. 5-49.

11. Корнеев В.М. Основы теории авиационных эргатических систем. Ульяновск, 2015. 273 с.

12. Черноиванов В.И., Цой Ю.А., Елизаров В.П., Толоконников Г.К., Передня В.И. О концепции создания «умной» молочной фермы. Техника и оборудование для села. 2018;(11):2-9. Режим доступа: https://elibrary.ru/contents.asp?id=36457796.

13. Тихомиров И.А., Скоркин В.К., Аксенова В.П., Андрюхина О.Л. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия. Вестник ВНИИМЖ. 2016;(1 (21)):64-72. Режим доступа: http://www.vnii-mzh.ru/images/material/Magazines/n21.pdf.

[4]Кулистикова Т. В России не хватает 1 млн коров. Агроинвестор. 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.agroinvestor.ru/markets/news/22637-v-rossii-ne-khvataet-1-mln-korov/.

14. Титова С.В. Продолжительность продуктивного использования и пожизненная продуктивность голштинизированного черно-пестрого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(5(54)):68-72. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26605316.

15. Рубина М.В. Эффективность получения молока при разных системах содержания коров. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. С. 122-128. Режим доступа: https://cyber-leninka.ru/article/v/effektivnost-polucheniya-moloka-pri-raznyh-sistemah-soderzhaniya-korov.

Поступила: 22.11.2018 Принята к публикации: 03.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторах:
Цой Юрий Алексеевич, доктор техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделом, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail:vim@vim.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9837-282X**, e-mail: femaks@bk.ru,

Баишева Равза Анвяровна, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail:vim@vim.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9145-4478**, e-mail: rozamamedova@mail.ru.

References

1. Schönfeld V., Max & Heil, Reinhard & Bittner, Laura. (2018). Big Data on a Farm - Smart Farming. DOI: 10.1007/978-3-319-62461-7_12.

2. Nayyar, Anand & Puri, Vikram. (2016). Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology. 673-680. DOI: 10.1201/9781315364094-121.

3. Pedersen S.M., Lind K.M. (eds.), (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives, Progress in Precision Agriculture. DOI: 10.1007/978-3-319-68715-5_2.

4. Britt J.H., Cushman R.A., Dechow C.D., Dobson H., Humblot P., Hutjens M.F. et al. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Journal of Dairy Science. 2018;101(5):3722-3741. DOI: 10.3168/jds.2017-14025.

5. Tsoy Yu.A., Baisheva R.A. *Povyshenie nadezhnosti funktsionirovaniya ergaticheskikh sistem upravleniya molochnoy fermoy*. [Improving the reliability of dairy farm management ergatic systems]. *Vestnik VIESKh*. 2018;(4(33)):90-94. (In Russ.). URL: http://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-4-33-2018/.

6. Anokhin P.K. *Filosofskie aspekty teorii funktsional'noy sistemy*. [Philosophical aspects of the theory of a functional system]. Moscow: *Nauka*, 1978. 402 p. (In Russ.).

7. Hulsen J., Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010. p. 48.

8. Chernoivanov V.I., Sudakov S.K., Tolokonnikov G.K. *Biomashsistemy, funktsional'nye sistemy, kategornaya teoriya sistem*. **[**Biomachine systems, functional systems, categorical systems theory]. Moscow: *NII normal'noy fiziologii im. P.K. Anokhina RAN, FNATs VIM RAN*, 2018. 446 p. (In Russ.).

9. Rozenberg I.N. *Upravlenie v usloviyakh neopredelennosti. Sovremennye tekhnologii upravleniya. ISSN 2226-9339. №7 (79). Nomer stat'i: 7902. Data publikatsii: 2017-07-31*. [Management in conditions of uncertainty. Modern technologies of management. ISSN 2226-9339. №7 (79). Article number: 7902. Date published: 2017-07-31]. (In Russ.). URL: https://sovman.ru/article/7902/.

10. Zade L.A. *Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov prinyatiya resheniy. V sbornike «Matematika segodnya»*. [The Basics of a new approach to the analysis of complex systems and decision-making processes. In the collection «Mathematics today»]. Moscow: *«Znanie»*, 1974. pp. 5-49. (In Russ.).

11. Korneev V.M. *Osnovy teorii aviatsionnykh ergaticheskikh sistem*. [Fundamentals of the theory of aviation ergatic systems]. Ul'yanovsk, 2015. 273 p. (In Russ.).

12. Chernoivanov V.I., Tsoy Yu.A., Elizarov V.P., Tolokonnikov G.K., Perednya V.I. *O kontseptsii sozdaniya «umnoy» molochnoy fermy*. [On the concept of creating «smart» dairy farm]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018;(11):2-9. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=36457796.

13. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K., Aksenova V.P., Andryukhina O.L. *Produktivnoe dolgoletie korov i analiz prichin ikh vybytiya*. [Productive longevity of cows and analysis of the reasons for their loss**].** *Vestnik VNIIMZh*. 2016;(1 (21)):64-72. (In Russ.). URL: http://www.vniimzh.ru/images/material/Magazines/n21.pdf.

14. Titova S.V. *Prodolzhitel'nost' produktivnogo ispol'zovaniya i pozhiznennaya produktivnost' golshtini-zirovannogo cherno-pestrogo skota*. [Duration of productive use and lifelong productivity of Holstein cattle]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2016;(5(54)):68-72. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26605316.

15. Rubina M.V. *Effektivnost' polucheniya moloka pri raznykh sistemakh soderzhaniya korov. Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. [Efficiency of milk production with different systems for cow keeping]. 2017. pp. 122-128. (In Russ.). URL: https://cyberleninka.ru/article/v/effektivnost-polucheniya-moloka-pri-raznyh-sistemah-soderzhaniya-korov.

Received: 22.11.2018 Accepted for publication: 03.04.2019 Published online: 30.04.2019

Information about authors:
Yuri A. Tsoy, DSc in Engineering, professor, corresponding member of RAS, head of the department, Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail:vim@vim.ru, **ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9837-282X**, e-mail: femaks@bk.ru,

Ravza A. Baisheva, PhD in Engineering**,** Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», d. 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail:vim@vim.ru,
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9145-4478, e-mail: rozamamedova@mail.ru.

ЮБИЛЕИ/JUBILEE

Юлушеву Иреку Галеевичу – 85!

28 апреля исполнилось 85 лет со дня рождения Ирека Галеевича Юлушева, доктора сельскохозяйственных наук, академика РАЕН, профессора кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии ФГБОУ ВО Вятская ГСХА.

Этот человек с юных лет умел определять верный путь к достижению мечты. Он родился в сельской местности, где все жители говорили на татарском языке. Мечтал научиться говорить по-русски, потом – учиться в русской школе, дальше – получить образование.

Мечты сбывались, по окончании Кунгурского сельхозтехникума, потом Пермского сельскохозяйственного института ему вручили красные дипломы. Студентом начал вести научную работу, появились первые публикации. Сколько их будет потом!

С 1958 года жизнь Ирека Галеевича связана с земледелием нашей области: он стал первым бригадиром-полеводом с высшим образованием, работал директором Фаленской селекционной станции, в 1964-1966 годах был организатором первой в нашей области зональной агрохимической лаборатории Агрохимслужбы СССР. В 1969-1972 годах молодой ученый работал в африканской Республике Мали, где он издал несколько учебников и учебных пособий на французском языке, которым он овладел в совершенстве.

В 1976 году И.Г. Юлушев назначается заместителем директора по научной работе НИИСХ Северо-Востока. В 1989 году успешно защищает докторскую диссертацию, с 1990 г. он профессор, с 1993 г. заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения Вятской ГСХА. Возглавляемая им кафедра вела большую научную работу в области агроэкологического мониторинга, в том числе в зоне защитных мероприятий по уничтожению химического оружия, агрохимического и экологического обоснования ассортимента, отдельных свойств и состава минеральных удобрений к выпуску на Кирово-Чепецком ЗМУ. Результаты исследований коллективов, возглавлявшихся И.Г. Юлушевым, использованы в рекомендациях, нормативных и методических пособиях по использованию агрохимикатов, в диссертационных работах аспирантов. Ирек Галеевич является автором более 210 научных публикаций, в т. ч. 14 авторских свидетельств и патентов, 23 монографий (одна на французском языке). Под его руководством защищены 3 кандидатские и 1 докторская диссертации. Трудовые заслуги И.Г. Юлушева отмечены многими почетными грамотами и государственными наградами.

Сделано много, жизнь продолжается. Юбиляр полон сил, остается общительным, доброжелательным, мужественным, уверенным в себе. Его творческий темперамент и сейчас позволяет быстро находить выход, верное решение и в жизненной ситуации, и в научной проблеме, и в сложной шахматной партии. Человек не боится трудностей, стремится достичь оптимального результата во всех проявлениях своей интересной, многогранной жизни.

Сердечно поздравляем Вас, Ирек Галеевич, с юбилеем!
От всей души желаем Вам на долгие годы сохранить высокую работоспособность, огромный запас энергии и оптимизм. Крепкого Вам здоровья, дальнейшей плодотворной деятельности, счастья и благополучия!

Коллектив кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

V Международная научно-практическая конференция «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве» и Школа молодых ученых по эколого-генетическим основам северного растениеводства (1-5 апреля 2019 г., г. Киров)

В мероприятиях приняли участие ученые из России (ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», ФГБНУ ФНЦО, ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ФГБНУ АНЦ «Донской», Красноярский НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П.Лукьяненко», ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и др.), Китая, Республики Узбекистан. С устными и постерными докладами выступили аспиранты и студенты ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА», Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и его филиалов.

В работе участвовали представители Министерства сельского хозяйства Кировской области, филиалов ФГБУ Россельхозцентр, ФГБУ Россельхознадзор по Кировской области и Удмуртской Республике, ФГБУ «Госсорткомиссия» по Кировской области, сельхозпредприятий и компаний, производящих биологические и химические средства защиты растений, регуляторы роста, удобрения.

В пленарных докладах были отражены современные направления и методы селекции культурных растений, в т.ч. с использованием маркеров и новых знаний о функционировании фотосинтезирующих структур растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов и почвенного стресса. Отмечена необходимость ведения адаптивной селекции с привлечением системы экологических точек изучения селекционного материала с учетом климатообусловленных изменений основных патогенных комплексов, вызывающих снижение продуктивности и качества продукции растениеводства.

Заслушаны доклады по вопросам изучения и подбора исходного материала в селекции, планирования эксперимента, повышения качества региональных почв, влияния препаратов различной природы на продуктивность растений и окружающую среду и др. Обсуждены изменения в системе государственного сортоиспытания и требования к производимым и реализуемым семенам. Лучшие работы молодых ученых отмечены свидетельствами I, II, III степени.

В лабораторных условиях участники научных мероприятий ознакомились с биотехнологическими методами создания новых селекционных форм, устойчивых к почвенной кислотности, тяжелым металлам и засухе; скринингом устойчивых к основным болезням и вредителям источников и селекционных форм; созданием искусственных инфекционных фонов пыльной головни и корончатой ржавчины овса, корневых гнилей озимой ржи, ячменя и овса. В условиях реального производства была продемонстрирована технология изготовления биопрепаратов-антистрессантов.

Изданы материалы конференции, размещенные в РИНЦ и на сайте ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (режим доступа: http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf).

В соответствии с планом очередная конференция и школа пройдут в первой декаде апреля 2020 г. на базе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров).