

НГАУ
Новосибирский государственный
аграрный университет

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

ISSN 2072-6724

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№2(63)
2022

Научный журнал

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 2(63)2022

Н.Н. Кочнев
главный редактор,
доктор биологических наук,
профессор

Учредитель:
ФГБОУ ВО
«Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Основан
в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи и массовых
коммуникаций

ПИ № ФС 77-35145
29.01.2009.

Материалы издания
выборочно включаются
в международные базы данных
Agris, Ulrich's Periodicals
Directory

Электронная версия журнала
на сайте: www.elibrary.ru

Адрес редакции:
630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160, каб. 106
журнал «Вестник НГАУ»
(Новосибирский государственный
аграрный университет)
Телефоны: +7 (383) 264-23-62;
+7 (383) 264-25-46 (факс)
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)

Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., главный редактор, проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора, проректор по научной и международной деятельности ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Будажанов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

Булашев А.К. – д-р вет. наук, проф., кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)

Бямбаа Б. – д-р вет. наук, академик Монгольской академии наук, президент Монгольской академии аграрных наук (Улан-Батор, Монголия)

Власенко Н.Г. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Вышегуров С.Х. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, проф. кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)

Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Добротворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Донченко Н.А. – д-р вет. наук, чл.-корр. РАН, руководитель ИЭВСидВ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Жучаев К.В. – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой разведения, кормления и частной зоотехнии, декан биолого-технологического факультета ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Кауфман О. – д-р аграр. наук, проф. Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)

Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Коуржил Я. – Ph. D., проф. лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будевеице, Чехия)

Кочетов А.В. – д-р биол. наук, акад. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Мейсснер Р. – д-р техн. наук, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)

Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., проф. кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор, акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)

Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Поповски З. – д-р аграр. наук, проф., кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)

Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор *Мищенко О.Н.*

Редактор *Коробкова Т.К.*

Компьютерная верстка *Зверев А.Е.*

Переводчик *Рюмкина И.Н.*

Дата выхода в свет 30 июня 2022 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 14 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2514.

Отпечатано в ИЦ НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. +7 (383) 267-09-10. E-mail: 213-45-39@mail.ru

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 2(63)2022

**H.H. Kochnev
Editor-in-Chief,
Doctor of Biological Sc.
Professor**

**The founder is Federal State
State-Funded
Educational Institution
of Higher Education
“Novosibirsk State
Agrarian University”**

**The journal is based
in December, 2005**

**The journal is registered in the Federal
Service for Supervision in the Sphere
of Communications, Information
Technologies and Mass Media
Certificate PI No. FS 77-35145
29.01.2009.**

**The materials are included
into the database Agris,
Ulrich's Periodicals Directory
on a selective basis**

**E-journal is found at:
www.elibrary.ru**

Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264-23-62;
Fax: +7 (383) 264-25-46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

Rudoi E.V. – Dr. of Economic Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)

Kochnev H.H. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kamaldinov E.V. – Dr. of Biological Sc., Associate Professor, the Deputy of Editor-in-Chief, Vice-Rector for Scientific and International Activities at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)

Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)

Vlasenko N.G. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Science, Senior Research Fellow, Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemicalization (Novosibirsk, Russia)

Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botany and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Glavendekich M.M. – Dr. Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)

Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)

Dobrotvorskaia N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at of Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Donchenko N.A. – Dr. of Veterinary Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head at the Institute of Experimentally Veterinary Medicine of Siberia and Far East, at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Dubovskii I.M. – Dr. of Biological Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Zhuchayev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of the Chair of Animal Husbandry, Dean of Biology-Technological Faculty at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)

Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)

Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)

Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Meissner R. – Dr. of Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)

Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)

Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)

Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.H.*

Desktop publishing: Zverev A.E.

Translator: Ryumkina. I.N.

Date of publication 30 June 2022. Free price.

Size is 60 × 84¹/₈. Volume contains 14 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2514.

Printed in “Zolotoy Kolos” Publ. of Novosibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str., office 106, 630039 Novosibirsk. Tel.: +7 (383) 267-09-10
E-mail: 2134539@mail.ru

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

- Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалев Е.А.**
Совершенствование технологии дифференцированного внесения удобрений в лесостепи Новосибирского Приобья. **4**
- Albert, M.A., Galeev, R.R., Kovalev, E.A.** Improvement of differentiated fertilizer application technology in the forest-steppe of Novosibirsk Priobye.
- Габимова Е.Н.** Оптимизация структуры куста винограда сорта Мускат белый, выращиваемого в укрывной культуре. **11**
- Gabimova, E.N.** Optimization of bush structure of white Muscat grapes grown in shelter crop.
- Кирьякова М.Н., Юсов В.С., Евдокимов М.Г.** Оценка адаптивной способности и взаимодействий генотипа и среды перспективных линий яровой твердой пшеницы в условиях Омской области. **19**
- Kiryakova M.N., Yusov V.S., Evdokimov M.G.** Assessment of adaptive capacity and genotype-environment interactions of promising spring durum wheat lines under the conditions of the Omsk region.
- Кудашкин П.И., Бондаренко Н.Д., Власенко Н.Г.** Влияние препаратов БиоВайс и ТурМакс на продуктивность яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Приобья. **26**
- Kudashkin, P.I., Bondarenko, N.D., Vlasenko, N.G.** Effect of BioVays and TurMax on the productivity of spring wheat in the northern forest-steppe of the Priobye region.
- Майбородин С.В.** Изменение показателей продуктивности и плодоносности виноградных насаждений в зависимости от применения различных агротехнических приемов. **33**
- Mayborodin S.V.** Changes in productivity and fructification of vine plantations depending on the application of various agronomic techniques.
- Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Кашлева А.И.** Компьютеризированная визуализация семян подрода *Сера* (*Allium L.*, Alliaceae) – эффективный инструмент для оценки их качества. **39**
- Musaev, F.B., Priyatkin N.S., Ivanova, M.I., Bukharov, A.F., Kashleva, A.I.** Computerized visualization of seeds of *Sepa* subgenus (*Allium L.*, Alliaceae) - an effective tool to assess their quality.
- Полосина В.А., Ивченко В.К., Пучкова Е.П., Липский С.И.** Влияние элементов технологии возделывания на фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерновых культур. **51**
- Polosina, V.A., Ivchenko, V.K., Puchkova, E.P., Lipsky, S.I.** The influence of elements of cultivation technology on the phytosanitary state of crops and the yields of grain crops.
- Чжан А.В., Дрокин Н.А., Ничкова Н.М., Мороз Ж.М.** Метод импедансной спектроскопии для тестирования увлажненных зерен пшеницы. **59**
- Zhang, A.V., Drokin N.A., Nichkova, N.M, Moroz, Zh.M.** Impedance spectroscopy method for testing moistened wheat crops.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES

- Гречникова В.Ю., Кондакова И.А.** Использование широкополосного излучения для снижения микробной обсемененности воздуха животноводческого помещения и оценка его эффективности. **69**
- Grechnikova V.Iu., Kondakova I.A.** Use of broadband radiation to reduce microbial contamination of livestock building air and evaluation of its effectiveness.
- Камалдинов Е.В., Петров А.Ф., Шатохин К.С., Нарожных К.Н., Маренков В.Г., Жигулин Т.А., Богданова О.В., Пальчиков П.Н., Плахова А.А.** Достоверность данных первичного зоотехнического учёта в молочном скотоводстве. **76**
- Kamaldinov E.V., Petrov A.F., Shatokhin K.S., Narozhnykh K.N., Marenkov V.G., Zhigulin T.A., Bogdanova O.V., Palchikov P.N., Plakhova A.A.** Reliability of primary zootechnical records in dairy farming.
- Лазарева М.В., Кошман Е.С., Мезенцева С.В., Муратова А.Р.** Эффективность схем лечения коров с серозным материалом при использовании хелатного комплекса цинка. **84**
- Lazareva M.V., Koshman E.S., Mezentseva S.V., Muratova A.R.** Effectiveness of treatment regimens for cows with seous mastitis using zinc chelate complex.
- Плахова А.А.** Современный способ обработки пчелиных семей против варроатоза. **92**
- Plakhova A.A.** A modern way of treating bee families against varroaosis.
- Самсонова И.Д., Плахова А.А.** Зональные особенности биоэкологических свойств и медовой продуктивности видов семейства Onagraceae Juss. **97**
- Samsonova I.D., Plakhova A.A.** Zonal features of bioecological properties and honey productivity of species of the family Onagraceae Juss.
- Шатохин К.С., Никитин С.В., Кочнев Н.Н., Запорожец В.И., Коршунова Е.В., Ермолаев В.И.** Воспроизводительные особенности свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН из разных семейств. **104**
- Shatokhin, K.S., Nikitin, S.V., Kochnev, N.N., Zaporozhets, V.I., Korshunova, E.V., Erlomaev, V.I.** Reproductive peculiarities of sows mini-pigs of the institute of Cytology and Genetics of the SB RAS from different families

АГРОНОМИЯ

DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-4-10

УДК 635.36:633.11

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО
ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ****М.А. Альберт**, соискатель**Р.Р. Галеев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Е.А. Ковалев**, аспирант*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия***E-mail:** rustniev@mail.ru

Ключевые слова: сорт, удобрение, дифференцированное внесение, рост и развитие, урожайность, качество зерна.

Реферат. Представлены результаты опытной работы (2019–2021 гг.) по изучению применения на зерновых культурах дифференцированного внесения удобрений. Западная Сибирь представляет собой регион с рискованными условиями для стабильного производства зерновых культур. Мягкая яровая пшеница и яровой ячмень как основные продовольственные и кормовые культуры характеризуются повышенной требовательностью к важнейшим факторам внешней среды, которые отличаются большой изменчивостью. Современные тенденции развития точного земледелия предполагают необходимость дифференцировать технологические операции, проводимые в хозяйстве, как во времени, так и по отдельным полям севооборотов. При этом более полно учитывается биоресурсный потенциал возделываемых сельскохозяйственных культур, почвенные и рельефные особенности с управлением звена технологических операций агрегатов в поле с дифференцированным внесением норм удобрений или средств защиты растений. Картирование урожайности является элементом технологии точного земледелия. Данная технология достигается сигнальными датчиками, установленными на комбайнах, а также бортовых компьютерах и приемниках GPS в период уборки урожая. Точная карта поля с указанием характеристик каждого его участка обеспечивает возможность рационального распределения ресурсов и повышения урожайности с каждого участка поля. Наличие цифровых карт обеспечивает оптимизацию вносимых удобрений, семян, воды на каждый участок поля. В условиях ЗАО Племзавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области данные вносятся в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, выходящей в поле, и через GPS-навигацию проводится инновационное управление технологическими процессами в растениеводстве. Цель работы – усовершенствование технологии дифференцированного применения удобрений под зерновые культуры в системе точного земледелия в условиях лесостепи Новосибирского Приобья. Исследования проводились в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи на выщелоченном черноземе в ЗАО Племзавод «Ирмень» на сортах яровой пшеницы Новосибирская 31, Ликамеро, а также ярового ячменя сорта Паустиан. Использование дифференцированного применения удобрений способствует увеличению параметров урожайности зерна яровой пшеницы на 36 % и сортов ярового ячменя – на 28%. Показано, что дифференцированное внесение удобрений способствует улучшению показателей качества зерна мягкой яровой пшеницы.

**IMPROVEMENT OF DIFFERENTIATED FERTILIZER APPLICATION
TECHNOLOGY IN THE FOREST STEPPE OF NOVOSIBIRSK PRIOBYE****M.A. Albert**, Co-applicant**R.R. Galeev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor**E.A. Kovalev**, PhD student*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia***E-mail:** rustniev@mail.ru

Keywords: variety, fertilizer, differentiated application, growth and development, yield, grain quality.

Abstract. In the article, the authors presented the results of the experimental work (2019-2021) to study the application of differentiated fertilizer application on cereal crops. Western Siberia is a region with risky conditions for stable grain crop production. Soft spring wheat and spring barley are the primary crops for food and feed. Soft spring wheat and spring barley are also characterized by a high demand for the most important environmental factors, which are highly variable. Current trends in precision farming imply the need for different technological operations. These operations are differentiated both in time and by individual crop rotation fields. At the same time, operations take more fully into account the bio-resource potential of cultivated agricultural enterprises. And these operations also take into account soil and terrain features, which are controlled by the aggregates and their links to technological operations. In the field, the authors used aggregates with differentiated application rates of fertilizers or crop protection products. The yield mapping is an element of precision farming technology. This technology is achieved by signal sensors on combined and onboard computers and GPS receivers during the harvesting period. An accurate map of the field, showing the characteristics of each field section, enables rational resource allocation and increases yields from each section of the field. The availability of digital maps ensures the optimization of fertilizer, seed, and water application to each section of the field. Under the conditions of the JSC Livestock Breeding Farm Irmen, Ordynskiy district, Novosibirsk region, the data are entered into the on-board computer of agricultural equipment going into the field, and innovative control of technological processes in crop production is carried out through GPS navigation. The work aims to improve the technology of the application of differentiated fertilizers to grain crops in the precision agriculture system under forest-steppe conditions in the Novosibirsk region Priobye. The research was carried out in 2019-2021 in the soil and climatic zone of drained forest steppe on leached chernozem at JSC Livestock Breeding Farm "Irmen" on spring wheat varieties Novosibirskaya 31, Licamero, as well as the spring barley variety Paustian. The use of differentiated fertilizer application contributes to an increase in grain yield parameters of spring wheat by 36% and of spring barley varieties by 28%. The study showed that differential fertilizer application contributes to the improvement of grain quality parameters of soft spring wheat.

Для основных агроландшафтов лесостепи Западной Сибири характерна неоднородность плодородия почв. Основной способ применения удобрений – внесение средневзвешенной дозой по всему полю. В исследованиях ряда ученых показана значимость перехода на внесение минеральных туков с учетом концентрации элементов питания на отдельных участках полей [1–3].

Дифференцированное применение удобрений с использованием геоинформационных технологий повышает эффективность возделывания многих сельскохозяйственных культур [4–6]. В ряде сообщений отмечено, что эффективно в системе точного земледелия разбивать поле на элементарные участки с последующим проведением отбора почвенных проб для последующего агрохимического анализа [7–10]. По данным некоторых авторов, основным преимуществом дифференцированного способа внесения минеральных удобрений в сравнении с традиционным является относительное выравнивание содержания питательных веществ по площади элементарного поля [11–14]. Установлено, что на низкоплодородных участках поля с повышенными нормами применения элементов минерального питания

накапливаются питательные вещества вследствие превышения баланса внесения в сравнении с выносом, а на полях с высокой обеспеченностью имеют место тенденции к снижению вследствие превышения выноса над применением туков [15–16]. Выявлено в многолетних стационарных комплексных опытах, что оптимизация применения НРК при дифференцированном внесении позволяет уменьшить их потери путем выщелачивания питательных веществ, закрепленных в недоступных соединениях, что обеспечивает повышение их эффективности [17–19].

Наряду с этим в научной литературе имеются сведения о том, что дифференцированный способ внесения минеральных удобрений способствует рациональному минеральному питанию зерновых культур за счет дифференцированного распределения удобрений по полю в зависимости от уровней концентрации элементов питания в почве [20].

В связи с этим целью наших исследований явилось усовершенствование технологии дифференцированного применения удобрений под зерновые культуры в системе точного земледелия в условиях лесостепи Новосибирского Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования осуществлялись в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, которая входит в северную лесостепь предгорий Приобья.

Почва места проведения исследований – чернозем выщелоченный (слабовыщелоченный имеет небольшую долю). Почва опытных полей содержала гумуса 5,49–6,37% (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,28–0,39, фосфора – 0,19–0,24 и калия – 1,19–1,27%. Содержание легкогидролизуемого азота было в пределах 7,39–12,6 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 16,9–23,8 и обменного калия – 17,2–20,4 мг/100 г, рН – 6,71.

По метеорологическим условиям 2019 г. отличался повышенным увлажнением в июле–августе и дефицитом влаги в почве в мае и начале июня; 2020 г. имел показатели на уровне среднемноголетних значений как по теплу, так и по увлажнению; 2021 г. отличался недобором тепла в мае и половине июня с дефицитом осадков в этот период, в июле и августе параметры были сопоставимы со среднемноголетними значениями.

В опытах изучалась сравнительная эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений в сравнении с традиционным способом. Дозы удобрений устанавливали на основе данных спутниковой навигации по элементарным участкам полей по содержанию основных элементов в почве. Дозы рассчитывали на программный урожай. Стандартная площадь учетных полей 25 га, повторность – четырехкратная, размещение – рендомизированное. В опытах использовали сорта яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31, Ликамеро и ярового ячменя Паустиан.

Биометрические наблюдения осуществляли по Методике государственного сортоиспытания (1986 г.). Дозы удобрений рассчитывали на программный урожай (по методу М.К. Кагомова, 2003 г.). Картирование полей по обеспеченности элементами питания проводили по методике Агрофизического НКИ (2015 г.), а также методическим указаниям ученых Башкирского ГАУ (2018 г.). Статистическая обработка данных проводилась по методике Б.А. Доспехова (2014 г.) с использованием пакета прикладных программ SNEDECOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами в 2019–2021 гг. в соответствии с целью и задачами исследований на выщелоченном черноземе ЗАО Племзавод «Ирмень» проведены исследования по установлению эффективности применения дифференцированного внесения удобрений. Для этого до закладки опытов проводили анализ продуктивности полей за предыдущие годы при возделывании зерновых культур. По его результатам сформированы карты плодородия на основе получения данных с градацией пяти зон. Проведен расчет доз азотно-серных удобрений на основе ранжирования зон с шагом 7%. Осуществлен анализ результатов агрохимического обследования и проведено ранжирование участков по обеспеченности фосфорно-калийными удобрениями. На этой основе сформированы карты внесения и проконтролирована загрузка в терминалы посевных комплексов.

Распределение азотно-серных удобрений выполнялось исходя из степени развития одновидовых предшественников в предыдущие годы. Причем участки более высокой продуктивности в пределах конкретного поля были определены как перспективные для повышенной дозы удобрений, а на участках с меньшими показателями продуктивности доза внесения была снижена. По результатам исследования за все годы лимитирующим фактором была влагообеспеченность. Внесение сложных удобрений производилось по стратегии компенсации с увеличением дозы на менее обеспеченных минеральным питанием участках в пределах поля по результатам агрохимического обследования. Перераспределение осуществлялось в рамках планового объема внесения при средней дозе 150 кг/га в физической массе. Данный подход имел как кратковременный эффект, снижая почвенное плодородие в текущем сезоне и выравнивая агрохимический фон, так и долгосрочное действие путем стимуляции роста биомассы на бедных участках и повышения микробиологического фона, что влияет на содержание органики в плодородном слое с увеличением количества водопрочных агрегатов почвы и улучшением водного режима в целом.

В дальнейшем мониторинг посевов производился с помощью диагностического

оборудования, как и в предыдущие годы. Показатели плотности почвы были на особом контроле. В ряде точек она была выше 1800 кПа/см² на глубине 30 см, что неблагоприятно отражалось на состоянии корневой системы. Зачастую встречались признаки заболеваний зерновых культур септориозом и фузариозом, в особенности на яровой пшенице, пыльная головня на ячмене, поражение флагового листа и корневой шейки. Среди вредителей были отмечены хлебная полосатая блоха и пшеничный трипс. В этой связи усилена си-

стема защиты растений мероприятиями по обработке и мониторингом вредителей.

Анализ результатов агрохимического анализа свидетельствует о значительном отличии в запасах минерального питания между контрольным и опытным участком. На втором поле первого севооборота и третьем поле третьего севооборота запасы доступного фосфора и калия выше, чем на опытных полях, что обуславливало различия в продуктивности изучаемых культур (табл. 1).

Таблица 1

Обеспеченность элементами минерального питания на экспериментальных полях хозяйства (среднее за 2019–2021 гг.)

Mineral nutrient supply on the farm's experimental fields (Average for 2019-2021)

Культура, сорт	Опытное поле	Контрольное поле	Отклонения в содержании, %		
			фосфора	калия	серы
Яровая пшеница Ликамеро	№ 135 (134 га)	№ 144 (140 га)	-112	-30	-274
Яровая пшеница Ликамеро	№ 72 (74 га)	№ 52 (50 га)	-51	-32	-7
Яровой ячмень Паустиан	№ 82 (81 га)	№ 130 (128 га)	11	-11	-28
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 64 (90 га)	№ 119 (110 га)	-6	8	20
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 122 (124 га)	№ 130 (126 га)	-7	-9	19
Среднее	-	-	46	21	83

На посевах яровой пшеницы сорта Ликамеро и ячменя Паустиан отмечено превышение урожайности на фоне дифференцированного внесения удобрений в сравнении с традиционным

способом одной дозой (разница составила по яровой пшенице до 1,75 т/га у сорта Ликамеро, 0,68 т/га у сорта Новосибирская 31 и 1,7 т/га у ярового ячменя сорта Паустиан (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерновых культур в зависимости от способа применения минеральных удобрений (среднее за 2019–2021 гг.)

Crop yields as a function of mineral fertilizer application (Average for 2019-2021)

Культура, сорт	Контрольное поле (традиционный способ)	Опытное (дифференцированное внесение)	Урожайность, т/га		Прибавка	
			дифференцированное внесение	контроль	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
Яровая пшеница Ликамеро	№ 144 (143 га)	№ 135 (134 га)	6,67	4,92	1,75	36
Яровая пшеница Ликамеро	№ 52 (51 га)	№ 72 (74 га)	4,99	4,25	0,74	17
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 114 (110 га)	№82 (81 га)	4,49	4,02	0,47	12

1	2	3	4	5	6	7
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 130 (126 га)	№ 122 (122 га)	3,96	3,28	0,68	24
Ячмень Паустиан	№ 91 (90га)	№ 99 (101га)	7,85	6,05	1,70	28
НСР _{0,5}	-	-	0,28	-	-	-

Дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием геоинформационных технологий и спутниковой навигации обеспечивает повышение параметров урожайности у яровой пшеницы сорта Ликамеро до 36%, Новосибирская 31 – до 24 и ярового ячменя Паустиан – до 28%.

Установлено, что сбалансированные дозы удобрений при дифференцированном

внесении на экспериментальных полях ЗАО Племзавод «Ирмень» способствовали получению более высокого качества зерна яровой пшеницы сортов Ликамеро и Новосибирская 31.

Показано, что с использованием дифференцированного внесения удобрений повышались параметры сырой клейковины, стекловидности зерна и массы 1000 зерен (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений на качество зерна сортов яровой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)

Effect of fertilizers on the grain quality of spring wheat varieties (Average for 2019-2021)

Сорт	Способ внесения удобрений	Сырая клейковина, %	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г
Ликамеро	Дифференцированное	36,8	87,8	37,2
	Традиционное	32,7	82,6	32,9
Новосибирская 31	Дифференцированное	34,5	85,4	34,8
	Традиционное	31,2	81,2	30,5
НСР _{0,5}	-	0,36	1,76	0,93

Отмечено, что максимальное содержание сырой клейковины было у сорта Ликамеро при дифференцированном внесении – 36,8% (прибавка к контролю 4,1%). У сорта Новосибирская 31 она была на уровне 34,8% (прибавка 4,3%). Дифференцированное внесение у обоих сортов пшеницы значительно повышало показатели стекловидности (на 5%) и массы 1000 зерен (до 5 г).

Установлена экономическая эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации. Уровень рентабельности производства повышается на 28% к традиционному способу внесения.

ВЫВОДЫ

1 В условиях чернозема выщелоченного лесостепи Новосибирского Приобья изучена эффективность применения дифференциро-

ванного внесения минеральных удобрений (NPK) при возделывании зерновых культур: яровой пшеницы Ликамеро и Новосибирская 31 и ярового ячменя сорта Паустиан.

2. Дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием геоинформационных технологий и спутниковой навигации обеспечивает получение урожайности сортов Ликамеро на уровне 7 т/га и сорта Новосибирская 31 – 5 т/га (прибавка к традиционному способу без использования ГИС-технологий составила 24–36%). При возделывании ярового ячменя Паустиан урожайность достигла 8 т/га при 6 т/га в контроле (прибавка 28%).

3. Установлено повышение качества зерна яровой пшеницы на фоне использования дифференцированного внесения удобрений. Содержание сырой клейковины повышается до 36,8%, стекловидность – до 88% и масса 1000 зерен – до 37,2 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамов Н.В., Семизаров С.А., Шерстобитов С.В.* Земледелие с использованием космических систем // *Земледелие*. – 2015. – № 6. – С. 13–18.
2. *Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В.* Дифференцированное внесение удобрений с использованием спутниковой навигации // *Агрохимия*. – 2018. – № 9. – С. 40–49.
3. *Алтухов А.И.* Стратегия развития зернопродуктивного подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // *Вестник Курской ГСХА*. – 2018. – № 5. – С. 146–152.
4. *Афанасьев Р.А.* Агрохимические аспекты точного земледелия // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2010. – № 2. – С. 38–43.
5. *Денисов К.Е., Петров К.А., Григорьев Н.С.* Повышение экономической эффективности растениеводства на основе дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия // *Наука вчера, сегодня, завтра*. – 2016. – № 5 (27). – С. 72–76.
6. *Галеев Р.Р.* Особенности производства зерновых культур в адаптивном земледелии Западной Сибири. – Новосибирск: Ритм, 2006. – 232 с.
7. *Галеев Р.Р., Мартенков Н.М.* Интенсификация производства зерновых культур в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2010. – 169 с.
8. *Галеев Р.Р.* Производство зерновых культур в степной зоне Кулунды. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2012. – 109 с.
9. *Петров А.Ф., Митракова А.Г.* Использование ГИС-технологий в агрономии. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 192 с.
10. *Галеев Р.Р.* Программирование урожая сельскохозяйственных культур: метод. рекомендации. – Новосибирск, 2016. – 192 с.
11. *Альберт М.А., Галеев Р.Р., Яковлев М.А.* Особенности применения элементов точного земледелия в ЗАО племзавод «Ирмень» // *Актуальные проблемы АПК: сб. науч. тр. Новосиб. ГАУ*. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2021. – С. 111–125.
12. *Эффективность* точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области. / В.И. Корчагин, Ю.Л. Кошелев, Н.Г. Мизин [и др.] // *Вестник Воронежского ГАУ*. – 2016. – № 1 (48). – С. 17–23.
13. *Ступина Л.А.* Урожайность яровой пшеницы в зависимости от элементов плодородия серых лесных почв // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2013. – №8 (106). – С. 10–13.
14. *Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В.* Урожайность яровой пшеницы при дифференцированном внесении азотных удобрений в режиме off-line // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2019. – № 2 (76). – С. 51–55.
15. *Шоба В.Н., Калинин В.К.* Резервы повышения урожайности яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. – 2017. – № 6 – С. 31–33.
16. *Colaco A.F., Molin J.P.* Variable rate fertilization in citrus: a long term study // *Precision Agriculture*. – 2017. – N 18. – P. 219–241.
17. *Kutzian J.* The Koros culture // *Dissertationes Pannonicae...* [Bdpst]. – t. 1–2, ser. 2, № 23. – 1944–1947. – P. 177.
18. *A.J.W. de Wit, Hendrik Boogaard.* Monitoring of Crop Development and Crop Model Optimisation Using NOAA-AVHRR: Towards an Integrated Satellite and Model-based Crop Monitoring System in the European Context. – Netherlands Remote Sensing Board (BCRS), Programme Bureau, Rijkswaterstaat Survey Department, 2001. – 112 p.
19. *Farinella Z., Morale M.C.* Stimulation of cell division in mouse fibroblast line 3T3 by an extract from *Triticum vulgare* // *Int. J. Tiss. Reac.* – 1986. – Vol. 8. – P. 33.
20. *Shi Y., Zhu Y., Wang X.* Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization // *Plant Methods*. – 2020. – N 16. – P. 11.

REFERENCES

1. Abramov N.V., Semizarov S.A., Sherstobitov S.V., *Zemledelie*, 2015, No. 6, pp. 13–18 (In Russ).
2. Abramov N.V., Sherstobitov S.V., *Agrokhimiya*, 2018, No. 9, pp. 40–49 (In Russ).
3. Altukhov A.I., *Vestnik Kurskoy GSKhA*, 2018, No. 5, pp. 146–152 (In Russ).
4. Afanasyev R.A., *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2010, No. 2, pp. 38–43 (In Russ).
5. Denisov K.E., Petrov K.A., Grigoriev N.S., *Nauka vchera, segodnya, zavtra*, 2016, No. 5 (27), pp. 72–76 (In Russ).

6. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva zernovykh kul'tur v adaptivnom zemledelii Zapadnoy Sibiri* (Features of grain crops production in adaptive agriculture of Western Siberia), Novosibirsk: Rhythm, 2006, 232 p.
7. Galeev R.R., Martenkov N.M., *Intensifikatsiya proizvodstva zernovykh kul'tur v Zapadnoy Sibiri* (Intensification of grain crops production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2010, 169 p.
8. Galeev R.R., *Proizvodstvo zernovykh kul'tur v stepnoy zone Kulundy* (Grain crops production in the Kulunda steppe zone), Novosibirsk: Agro – Siberia, 2012, 109 p.
9. Petrov A.F., Mitrakova A.G., *Ispol'zovanie GIS-tekhnologiy v agronomii* (The use of GIS technologies in agronomy), Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 192 p.
10. Galeev R.R., *Programmirovanie urozhaya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Programming of crop yield), Methodological recommendations, Novosibirsk, 2016, 192 p.
11. Albert M.A., Galeev R.R., Yakovlev M.A., *Aktual'nye problemy APK* (Actual problems of agriculture) Proceedings of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 2021, pp. 111–125 (In Russ).
12. Korchagin V.I., Koshelev Yu.L., Mizin N.G. [et al.], *Vestnik Voronezhskogo GAU*, 2016, No. 1 (48), pp. 17–23 (In Russ).
13. Stupina L.A., *Vestnik Altayskogo GAU*, 2013, No. 8 (106), pp. 10–13 (In Russ).
14. Sherstobitov S.V., Abramov N.V., *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2019, No. 2 (76), pp. 51–55 (In Russ).
15. Shoba V.N., Kalichkin V.K., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2017, No. 6, pp. 31–33 (In Russ).
16. Kolako A.F., Molin J.P., Application of fertilizers with a variable rate in citrus fruits: a long-term study, *Precision agriculture*, 2017, No. 18, pp. 219–241.
17. Kutzian J., The Korus Culture, *Dissertationspannonikae...* [Bdpst], Vol. 1-2, ser. 2, No. 23, 1944–1947, pp. 177.
18. A.J.W. de Wit, Hendrik Boogaard, Monitoring of Crop Development and Crop Model Optimisation Using NOAA-AVHRR: Towards an Integrated Satellite and Model-based Crop Monitoring System in the European Context, Netherlands Remote Sensing Board (BCRS), Programme Bureau, Rijkswaterstaat Survey Department, 2001, 112 p.-
19. Farinella Z., Morale M.C., Stimulation of cell division in the mouse fibroblast line 3T3 with an extract from *Triticumvulgare*, *Int. J. Tiss. Reak*, 1986, Vol. 8, pp. 33
20. Shi Y., Zhu Y., Wang X., Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization, *Plant Methods*, 2020, No. 16, pp. 11.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ КУСТА ВИНОГРАДА СОРТА МУСКАТ БЕЛЫЙ, ВЫРАЩИВАЕМОГО В УКРЫВНОЙ КУЛЬТУРЕ

Е.Н. Габимова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовской обл., Россия

E-mail: elena.gabimova@mail.ru

Ключевые слова: виноградное растение, продуктивность, форма куста, длиннорукавная форма с одним рукавом, длиннорукавная форма с двумя рукавами, длиннорукавная форма с тремя рукавами.

Реферат. Предложена оптимизация структуры куста винограда сорта Мускат белый, выращиваемого в укрывной культуре. Современное отечественное виноградарство базируется на применении формировок индустриального типа, способных давать наиболее высокие и качественные урожаи. Индустриальные технологии, основу которых составляют перспективные системы ведения и формирования кустов, в максимальной степени приспособлены к механизации работ по уходу за насаждениями, позволяют повысить производительность труда и качество работ на виноградниках. Стратегия адаптивного виноградарства предусматривает повышение рентабельности производства путем значительного подъема урожайности при одновременном улучшении качества продукции. Для решения этой задачи необходим комплекс взаимосвязанных мер, к числу которых относится улучшение сортимента, размещение сортов в зонах с наиболее благоприятными почвенно-климатическими условиями. Стратегия адаптивного виноградарства предусматривает повышение рентабельности производства путем значительного подъема урожайности при одновременном улучшении качества продукции. Наиболее благоприятными возможностями реализации продукционного потенциала обладают насаждения на упрощенной однопроволочной шпалере. Такие посадки с длиннорукавными формами позволяют резко повысить нагрузку побегами на единице площади. Повышенная побегоемкость длиннорукавных формировок и соответствующие оптические характеристики листового аппарата способствуют увеличению урожайности в 1,5–2,0 раза по сравнению с обычными шпалерными формами.

OPTIMIZATION OF BUSH STRUCTURE OF WHITE MUSCAT GRAPES GROWN IN SHELTER CROP

E.N. Gabimova, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor

Don State Agrarian University, Persianovskii village, Rostov region, Russia

E-mail: elena.gabimova@mail.ru

Keywords: grape plant, productivity, bush form, long-sleeve uniform with one sleeve, long-sleeve uniform with two sleeves, long-sleeve uniform with three sleeves.

Abstract. In this article, the authors proposed the optimization of the bush structure of white Muscat grapes grown in a sheltered crop. Modern domestic viticulture is based on the use of industrial-type formations capable of producing the highest and highest quality yields. Industrial technology forms the basis for promising systems for vineyard management and bush formation. These technologies are best suited for the mechanization of vineyard maintenance work and allow for increased productivity and quality of work in the vineyards. The adaptive wine growing strategy is to increase production profitability by significantly increasing yields while at the same time improving product quality. A set of interrelated measures is needed to achieve this objective. These measures include improving the assortment and placement of varieties in the zones with the most favorable soil and climatic conditions. The adaptive viticulture strategy is to increase production profitability by significantly increasing yields while at the same time improving product quality. The most favorable opportunities to realize its productive potential are in simplified single-wire trellis plantations. Such plantings with long-stranded forms permit a dramatic increase in the shot load per unit area. The increased shoot capacity of the long-stranded forms and the corresponding optical characteristics of the leaf apparatus contribute to a yield increase of 1.5-2.0 times compared with conventional trellis forms.

Основными составляющими продуктивности виноградного растения являются параметры площади и оптико-физиологических свойств листьев, уровень и продолжительность их освещения, обусловленные генетической программой сорта. Однако степень реализации этой программы существенно варьирует в зависимости от условий, и в частности от структуры насаждений, одним из основных элементов которой является форма куста [1].

Форма виноградного растения, независимо от способа и метода формирования, должна отвечать следующим общим принципам:

1. Способствовать повышению устойчивости кустов к неблагоприятным факторам среды и обеспечивать достаточную жизнеспособность растения в течение всего периода его продуктивной жизни.

2. Иметь рациональное строение, выражающееся оптимальным соотношением между вегетативными частями и продуктивными органами.

3. Наиболее полно проявлять потенциал продуктивности, определяемый урожайностью с единицы площади виноградника.

4. Способствовать созданию регулярно плодоносящих посадок винограда.

5. Позволять успешно применять средства механизации при выполнении основных звеньев в технологическом процессе: обработка почвы, защита от болезней и вредителей, обрезка и уборка урожая.

6. Способствовать формированию урожая высокого качества.

Многовековой опыт виноградарей показывает, что развитие и совершенствование формировок происходит с одной целью – решения проблемы пространственного размещения органов винограда [2].

Наличие многолетних частей в формировках винограда вносит ряд новых элементов в биологию виноградного растения, что вызывает необходимость в изучении влияния многолетней древесины на рост и плодоношение.

Одним из важнейших моментов повышения эффективности виноградарства является дальнейшее совершенствование промышленной технологии ведения в направлении уменьшения числа технологических операций по уходу за кустами, снижения их трудоемкости, обеспечения оптимальных условий комплексной механизации процессов производства [3].

В настоящее время возможно существенно повысить на промышленных виноградни-

ках эффективность использования солнечной радиации, температуры, осадков и других экологических факторов путем подбора сортов, изменения конструкции насаждений и применения соответствующей системы агротехники [4].

Наиболее доступный и эффективный способ увеличения количества улавливаемой листовым пологом падающей солнечной радиации – это повышение плотности стояния кустов на единице площади.

Преимущества плотных посадок винограда очевидны. Они сводятся в основном к более раннему началу плодоношения и большему выходу продукции с единицы площади [5].

О прямой зависимости между количеством высаженных на единице площади растений и началом плодоношения свидетельствуют результаты многих исследований, проведенных в России и в других республиках.

В молодых насаждениях с уплотненным размещением кустов складываются благоприятные микроклиматические условия для роста и развития винограда, для фотосинтетической деятельности листьев [6].

Наряду с несомненными преимуществами, уплотненные посадки винограда имеют свои недостатки. Это, прежде всего, резкое повышение капитальных затрат на создание таких насаждений [7]. Поэтому при определении оптимальной степени плотности следует исходить из окупаемости дополнительных затрат на посадочный материал.

Второй недостаток – более высокая требовательность к агротехнике, что в конкретных условиях выполнять затруднительно.

Заметные и быстрые изменения, наблюдающиеся в последнее время в системе формирования, исходят из ее основной цели – в короткий срок достигнуть наиболее рационального соотношения между ростом и плодоношением, а затем поддерживать это соотношение в течение всего периода эксплуатации виноградника [7].

Новый сдвиг в развитии штамбовых формировок вызвало внедрение малых компактных чашевидных формировок. Двигателем этого процесса является максимальное повышение рентабельности производства [8].

В настоящее время проходят широкое производственное испытание принципиально новые формы куста на штамбе средней высоты при свободном развитии прироста. Их использование исключает необходимость подвязки плодовых лоз и зеленого прироста, сводит до минимума проведение зеленых опера-

ций, обеспечивает оптимальные условия для проведения машинной обрезки кустов и сбора урожая, что позволяет в перспективе довести затраты труда по уходу за плодоносящими насаждениями до 40–45 чел.–дней/га.

По данным авторов, малые чашевидные формы имеют ажурную крону, способствующую пропусканию солнечной радиации, необходимой листьям, внутрь кроны. Меньшая затененность кроны, лучшее поглощение ФАР способствуют повышению фотосинтетической продуктивности ассимиляционной поверхности, а в конечном счете и увеличению продуктивности таких насаждений [9].

Вместе с очевидными преимуществами у бесшпалерных уплотненных посадок винограда есть и недостатки. В первую очередь, это повышенные капитальные затраты на приобретение посадочного материала [10].

Проблема снижения затрат на посадочный материал может быть решена заменой дорогостоящих привитых саженцев на корнесобственные. В хозяйствах Ростовской области и Краснодарского края накоплен некоторый опыт в этом отношении, где заложены виноградники корнесобственными филлоксероустойчивыми саженцами [11].

Другой путь решения данного вопроса заключается в увеличении межкустного расстояния в ряду. Предпринимаемые в связи с этим структурные изменения самих кустов должны проводиться без ухудшения оптических характеристик ассимиляционного аппарата. Предлагаемые модификации малых чашевидных формировок с двумя и тремя рукавами наиболее удачно сохраняют преимущества чашевидных форм в части размещения однолетнего прироста в кроновом пространстве [12, 13]. Применение двух- и трехрукавных формировок позволяет высаживать виноградные растения через 1,5–2,0 м между собой, что существенно уменьшает количество кустов в посадках.

Производственные испытания различных модификаций чашевидных форм показали, что при увеличении расстояния между кустами без соответствующего изменения формирования (т.е. без добавления дополнительных рукавов) наблюдается резкое снижение урожайности насаждений (в среднем в 1,5–2,0 раза). При одновременном же изменении формировок, увеличении их до двух- и трехрукавных продуктивность виноградников снижается всего лишь на 25–30% [14, 15].

В интенсивном виноградарстве многие позиции в системах ведения и технологиях возделывания периодически уточняются и пересматриваются.

В отношении производства винограда это означает необходимость модификации технологий в целях снижения ресурсоемкости [16].

Технологии выращивания винограда должны быть оптимизированы по критериям снижения затрат на создание вегетативно-генеративной и опорно-шпалерной систем виноградника [17, 18].

Известны различные модификации длиннорукавных форм винограда. Общим для них служит преимущественное размещение наиболее молодой скелетообразующей древесины в горизонтальной плоскости шпалеры [19, 20].

Благодаря удачному размещению листового полога в течение всего светлого времени суток листья получают значительное количество солнечной энергии. Вызванные отклонением многолетних ветвей кроны изменения в обмене веществ приводят к ослаблению оттока ассимилянтов и накоплению их для использования растением на формирование репродуктивных органов [21]. В результате происходит сдвиг соотношения между вегетативной и репродуктивной деятельностью в сторону последней, что способствует раннему прекращению роста побегов, формированию репродуктивных органов [22].

Благоприятными возможностями реализации продукционного потенциала обладают насаждения на упрощенной однопроволочной шпалере. Такие посадки с длиннорукавными формами позволяют резко повысить нагрузку побегами на единицу площади [23]. Повышенная побегоемкость длиннорукавных формировок и соответствующие оптические характеристики листового аппарата способствуют увеличению урожайности в 1,5–2,0 раза по сравнению с обычными шпалерными формами.

Применение новых конструктивных решений при создании малых чашевидных формировок с упрощенной опорой позволяет существенно сократить первоначальные капитальные вложения на закладку насаждений.

Цель исследований – изучение рациональной структуры длиннорукавных кустов, в частности влияния численности рукавов на плодоношение и эффективность выращивания винограда.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на укрывных виноградниках сорта Мускат белый, сформированных по типу односторонней длиннорукавной формировки. Насаждения заложены в 2011 г. по схеме 3,0 x 1,5 в Октябрьском районе Ростовской области.

Опыт включал три варианта формировок:

- 1) длиннорукавная форма с одним рукавом;
- 2) длинорукавная форма с двумя рукавами;
- 3) длинорукавная форма с тремя рукавами;

Мускат белый – технический сорт, довольно широко распространенный на виноградниках Северного Кавказа. Основные насаждения сосредоточены в Ставропольском крае, Дагестане. Грозди некрупные, около 500 г, цилиндрической формы. Ягоды округлые, с достаточно плотной золотисто-янтарной кожицей, деликатесным сладким вкусом и выраженным мускатным ароматом. Содержание сахара в мякоти до 20 %. Достаточно морозостоек, без укрытия переносит морозы до –23 °С. Страдает от поздних весенних заморозков. Период созревания сорта – средний, однако в целях повышения сахаристости ягод сбор урожая часто задерживают до их перезревания. Сила роста средняя, лозы вырастают удовлетворительно. Зимостойкость сорта низкая, в суровые, малоснежные зимы в укрывной зоне у него часто повреждаются почки, рукава и корни. Урожайность Муската белого без орошения низкая, а при орошении (а также после мягких зим) средняя и высокая. Сорт способен к большому сахаронакоплению (до 30% и выше) и дает в южных районах десертные вина очень высокого качества, а в районах с более умеренным климатом – превосходные полудесертные вина и виноматериал для шампанского.

Учёты и наблюдения ежегодно проводились на одних и тех же кустах по методике агротехнических исследований, разработанной специалистами Всероссийского НИИВиВ им. Я.И. Потопенко филиал ФГБНУ ФРАНЦ совместно с другими отраслевыми научно-исследовательскими учреждениями.

Перезимовка глазков. За 15–20 дней до начала распускания глазков проверяют их состояние, для чего продольным срезом вскрывают глазки, чтобы определить количество живых и мёртвых. Для анализа отбирают по 25 стрелок.

Плодоносность побегов. Когда на побегах становятся заметными соцветия, на всех учённых кустах проводят агробиологические

учёты развития органов надземной части куста. Определяют количество соцветий на кусте для формирования урожая с помощью обломки.

Урожай и его качество. Проводят покустовую учёт урожая, определяют среднюю массу, механический состав грозди. Для определения средней массы ягоды отбирают с различных сторон гроздей (нижней, средней, верхней) 500 ягод.

Содержание сахара (рефрактометром) и общей кислотности (титрованием 0,1 н раствором щелочи) определяют в пробе массой 2,0–2,5 кг.

Сила роста, вызревание побегов, облиственность кустов. На кустах каждого варианта до наступления осенних заморозков измеряют длину и диаметр однолетних лоз. Одновременно подсчитывают количество листьев на кусте. Площадь листа определяют с помощью весового метода.

Математическую обработку экспериментального материала выполняют по общепринятой методике, по Б.А. Доспехову [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Форма куста является одним из основных агротехнических приемов в виноградарстве, от правильного выбора которой в конечном итоге зависит продуктивность и экономическая эффективность насаждений.

Перевод виноградников на длиннорукавную культуру определяется необходимостью выбора перспективных формировок. По ходу совершенствования укрывной культуры возникла необходимость разработки новых систем ведения винограда, соответствующих возросшим требованиям рыночной экономики.

Таким образом, производству были предложены системы возделывания, отличающиеся повышенной продуктивностью и ранним вступлением в пору товарного плодоношения. Всем этим требованиям в большей мере, чем остальные, отвечают системы ведения, предусматривающие высокий уровень механизации технологического процесса. Одной из них является система ведения с использованием длиннорукавных формировок различных модификаций.

Влияние структуры куста на рост побегов и показатели листового аппарата. Производственные испытания длиннорукавных формировок в хозяйствах Ростовской

области прошли успешно, а полученные результаты подтвердили их высокую эффективность. Однако у этой системы есть недостатки. Дело в том, что такие виноградники требуют значительных материальных затрат. В связи с этим перед производственниками остро встала проблема снижения затрат на виноградниках. Было решено создать серию формировок, аналогично полувеерным, имеющих в структуре куста два и три рукава.

Сравнительное изучение однорукавной, двух- и трехрукавной формовки (табл. 1) показало, что увеличение численности многолетних осевых органов на кусте способствует ослаблению роста побегов, приводящему к снижению годичного прироста на 1 га.

По мере уменьшения длины побегов ухудшаются условия вызревания лоз. У трехрукавных кустов вызревание было самым слабым. Однорукавные кусты по всем показателям роста выглядели лучше. Похожим образом шло и развитие листового аппарата. Наибольшей облиственностью выделялся вариант с двухрукавной формировкой, где листовая поверхность оказалось самой большой в пересчете на 1 га.

Аналогичным образом изменялись показатели количества листьев в пересчете на одно растение. Выявлено, что количество листьев по мере увеличения численности рукавов до двух увеличивалось, а у трехрукавных кустов уменьшалось.

Таблица 1

Влияние структуры куста на рост побегов и степень вызревания винограда сорта Мускат белый (среднее за 2020–2021 гг.)

Influence of bush structure on shoot growth and degree of maturity of the Muscat White grape variety (average for 2020–2021)

Формировка	Средняя длина побега, м	Суммарная длина побегов на 1 га, тыс. м	Степень вызревания лоз, %	Сохранность глазков после зимы, %
Однорукавная	0,94	62,7	71	70
Двухрукавная	0,85	56,7	67	70
Трехрукавная	0,76	50,6	58	66

Таблица 2

Влияние структуры куста на показатели листовой поверхности винограда сорта Мускат белый (среднее за 2020–2021 гг.)

Influence of bush structure on leaf area characteristics of white Muscat grapes (average for 2020–2021)

Формировка	Площадь листовой поверхности 1 га, тыс. м ²	Площадь листовой поверхности 1 куста, м ²	Количество листьев на кусте, шт.	Площадь 1 листа, см ²
Однорукавная	13,86	6,23	556	112
Двухрукавная	30,02	13,51	1217	111
Трехрукавная	17,71	7,97	752	106

Сопоставительный анализ показателей роста длинорукавных формировок свидетельствует, что увеличение численности рукавов в структуре куста до трех приводит к ослаблению ростовых процессов и снижению показателей листового аппарата в пересчете на 1 га (табл. 2).

Влияние структуры куста на плодоношение винограда. Длинорукавные формирования отличаются от остальных рациональностью построения кроны. В них использован наиболее современный способ размеще-

ния однолетних побегов в пространстве. В кроновой части куста увеличена горизонтальная проекция в виде площадки, позволяющей повысить побегоемкость всей формировки. Увеличение побегоемкости кустов позволило повысить продуктивность формировки за счет размещения большего, чем обычно, количества побегов.

Экспериментальные данные по плодоношению, приведенные в табл. 3, указывают на то, что по мере увеличения численности рукавов в структуре куста до двух продук-

тивность винограда, в пересчете на 1 га увеличилась. У однорукавных виноградников урожайность была самой низкой (7,41 т/га).

Низкий показатель урожайности закономерен и объясняется тем, что в однорукавном варианте хуже условия для пространственного размещения листового аппарата.

Количественные и качественные показатели винограда изменялись в зависимости от строения кустов. Наиболее высокое сахаронакопление происходило у однорукавных кустов.

Таблица 3

Влияние структуры куста на продуктивность винограда сорта Мускат белый (среднее за 2020–2021 гг.)

The influence of the bush structure on the productivity of Muscat white grapes (average for 2020–2021)

Формировка	Урожайность, т/га	Сахаристость, мг/100 дм ³	Кислотность, г/дм ³
Однорукавная	7,41	2,3	6,5
Двухрукавная	11,43	2,2	6,6
Трехрукавная	9,44	1,9	6,8
НСР _{0,5}	0,41		

Таблица 4

Влияние структуры куста на величину гроздей и ягод винограда сорта Мускат белый (среднее за 2020–2021 гг.)

Influence of bush structure on the size of the bunch and berry of white Muscat grapes (average for 2020–2021)

Формировка	Урожай с 1 куста, кг	Масса грозди, г	Количество ягод, шт.	Масса ягоды, г
Однорукавная	3,33	112	70	1,6
Двухрукавная	5,14	114	76	1,5
Трехрукавная	4,25	107	71	1,5

Изучение различных модификаций длиннорукавных формировок показало, что увеличение численности рукавов от одного до двух на кусте способствует ослаблению темпов роста растений и повышению урожайности насаждений.

Главная причина снижения урожайности трехрукавных формировок состоит в том, что такое количество рукавов затрудняет сухую подвязку и не способствует их хорошему пространственному размещению. Тем не менее урожайность 9,44 т/га и сахаристость 1,9 мг/100 дм³ свидетельствуют о том, что система ведения длиннорукавных виноградников с тремя рукавами вполне подходит для эффективного выращивания винограда.

ВЫВОДЫ

1. Технический сорт винограда Мускат белый хорошо отзывается на длиннорукавные формировки стабильно высоким плодоношением.

2. Количество рукавов в структуре куста длиннорукавной формы оказывает влияние на рост побегов. Так, при двухрукавной формировке суммарная длина побегов на 1 га составила 56,7 тыс. м/га, площадь листовой поверхности на 1 га – 30,02 тыс. м².

3. Максимальный уровень продуктивности выявлен в посадках с двухрукавной формировкой – 11,43 т/га.

4. Увеличение количества рукавов до трех ухудшает показатели роста и плодоношения, полученные в пересчете на 1 га насаждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перстнев Н.Д. Виноградарство. – Кишинев, 2001. – 604 с.

2. Гусейнов Ш.Н., Чигрик Б.В., Гордеев В.Н. Влияние нагрузки кустов на величину и качество урожая на виноградниках интенсивного типа // Новации и эффективность производственных процессов в виноградарстве и виноделии. – Краснодар, 2005. – С. 188–193.
3. Матузок Н.В., Трошин Л.П., Горлов С.М. Прогнозирование урожая винограда и установление оптимальной нагрузки кустов при обрезке в глазках по планируемой урожайности на примере ОАО АФ «Южная» // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – № 02(116). – С. 355–372.
4. Гусейнов Ш.Н., Чигрик Б.В., Гордеев В.Н. Влияние нормы нагрузки на продуктивность сорта винограда Денисовский на Дону // Виноделие и виноградарство. – 2007. – № 6. – С. 42–43.
5. Гусейнов Ш.Н., Чигрик Б.В. Агротехнические аспекты совершенствования способов возделывания промышленных виноградников // Виноградарство и виноделие. – 2013. – №4. – С. 24–29.
6. Гусейнов Ш.Н., Манацков А.Г., Майбородин С.В. Развитие технологических схем возделывания виноградников на Дону // Виноградарство и виноделие. – 2018. – № 4. – С. 24–26.
7. Мамилев Б.Б., Габиева Е.Н. Рациональный метод обрезки морозоустойчивого сорта винограда // Актуальные проблемы и пути их решения в современном плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве Дона. Ч. 2: Виноградарство. – Персиановский, 2004. – С. 44–47.
8. Павлюкова Т.И. Методы управления продуктивностью перспективных сортов винограда Екатеринодарский и Орион в зоне укрывного виноградарства // Виноделие и виноградарство. – 2006. – № 4. – С. 36–37.
9. Павлюкова Т.П. Нагрузка и длина обрезки побегов сорта Екатеринодарский // Новации и эффективность производственных процессов в виноградарстве и виноделии. – Краснодар, 2005. – Т. 1. – С. 202–205.
10. Салманов М.М., Иригова Т.А., Хамаева Н.М. Влияние нагрузки и длины обрезки винограда на его качество и лежкость // Виноделие и виноградарство. – 2007. – № 1. – С. 24–25.
11. Чулков В.В. Нормирование нагрузки для столовых сортов винограда // Виноград и вино России. – 2008. – № 2. – С. 8–9.
12. Чулков В.В. Продуктивность виноградников в зависимости от способов формирования и обрезки кустов // Индустриальные технологии в виноградарстве. – Новочеркасск, 2016. – С. 48–54.
13. Чулков В.В. Система обрезки плодоносящих кустов винограда // Виноград и вино России. – 2000. – № 1. – С. 4–5.
14. Гусейнов Ш.Н., Гусейнов М.Ш., Чигрик Б.В. Перспективные способы возделывания винограда индустриального, интенсивного и суперинтенсивного типов в России // Виноград и вино России: Специальный выпуск. – 2000. – С. 33–34.
15. Чулков В.В., Мухортова В.К. Обрезка и нагрузка маточных кустов винограда: научно-практические рекомендации / Донской ГАУ. – Персиановский, 2018. – 36 с.
16. Матузок Н.В., Малтабар Л.М. Инновационная технология возделывания винограда в неукрывной зоне // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 8–12.
17. Colapietra M. Effect of Foliar Fertilization on Yield and Quality of Table Grapes // Proc. Vth IS on Mineral Nutrition of fruit plants / Eds. J.B. Retamales and G.A. Lobos. – Acta Hort. 721, ISHS, 2006.
18. Winkler A.J. General Viticulture. – 1962. – 241 p.
19. Zhiznevskaya G. Ya. Iron in plant nutrition // La fitinutrizione oligominerale. IX Simposio Internazionale di Agrochimica. – 1972. – P. 95–118.
20. Магриссо Ю. Резиштба при научно планиране на добива // Лозарство и винарство. – 1983. – № 32. – С. 25–26.
21. Гусейнов Ш.Н., Чигрик Б.В., Гордеев В.Н. Современные агротехнические аспекты развития технологий возделывания винограда в РФ // Материалы Международной научно-практической конференции 10–11 ноября 2004 г. – Новочеркасск, 2005. – С. 39–47.

22. Гусейнов Ш.Н. Гусейнов М.Ш. Формы кустов винограда в северной зоне промышленного виноградарства // Виноделие и виноградарство. – 2002. – №4. – С. 38-41.
23. Виноградарство России: Настоящее и будущее / А.М. Аджиев, К.А. Серпуховитина, Л.П. Трошин [и др.]. – Махачкала: Новый день, 2004. – 438 с.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

REFERENCES

1. Perstnev H.D., *Vinogradarstvo* (Viticulture), Kishinev, 2001, 604 p.
2. Guseynov Sh.N., Chigrik B.V., Gordeev V.N., *Novatsii i effektivnost' proizvodstvennykh protsessov v vinogradarstve i vinodelii*, Krasnodar, 2005, pp. 188–193 (In Russ.).
3. Matuzok N.V., Troshin L.P., Gorlov S.M., *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, Krasnodar: KubGAU, 2016, No. 02 (116), pp. 355–372 (In Russ.).
4. Guseynov Sh.N., Chigrik B.V., Gordeev V.N., *Vinodelie i vinogradarstvo*, 2007, No. 6, pp. 42–43 (In Russ.).
5. Guseynov Sh.N., Chigrik B.V., *Vinogradarstvo i vinodelie*, 2013, No. 4, pp. 24–29 (In Russ.).
6. Guseynov Sh.N., Manatskov A.G., Mayborodin S.V., *Vinogradarstvo i vinodelie*, 2018, No. 4, pp. 24–26 (In Russ.).
7. Mamilov B.B., Gabibova E.N., *Aktual'nye problemy i puti ikh resheniya v sovremennom plodovodstve, ovoshchevodstve i vinogradarstve Dona. Ch. 2: Vinogradarstvo*, Persianovskiy, 2004, pp. 44–47 (In Russ.).
8. Pavlyukova T.I., *Vinodelie i vinogradarstvo*, 2006, No. 4, pp. 36–37 (In Russ.).
9. Pavlyukova T.P., *Novatsii i effektivnost' proizvodstvennykh protsessov v vinogradarstve i vinodelii*, Krasnodar, 2005, T. 1, pp. 202–205 (In Russ.).
10. Salmanov M.M., Isrigova T.A., Khamaeva N.M., *Vinodelie i vinogradarstvo*, 2007, No. 1, pp. 24–25 (In Russ.).
11. Chulkov V.V., *Vinograd i vino Rossii*, 2008, No. 2, pp. 8–9 (In Russ.).
12. Chulkov V.V., *Industrial'nye tekhnologii v vinogradarstve*, Novochoerkassk, 2016, pp. 48–54 (In Russ.).
13. Chulkov V.V., *Vinograd i vino Rossii*, 2000, No. 1, pp. 4–5 (In Russ.).
14. Guseynov Sh.N., Guseynov M.Sh., Chigrik B.V., *Vinograd i vino Rossii: Spetsial'nyy vypusk*, 2000, pp. 33–34 (In Russ.).
15. Chulkov V.V., Mukhortova V.K., *Obrezka i nagruzka matochnykh kustov vinograda: nauchno-prakticheskie rekomendatsii* (Pruning and loading of mother vine bushes), Persianovskiy, 2018, 36 p.
16. Matuzok N.V., Maltabar L.M., *Vinodelie i vinogradarstvo*, 2012, No. 1, pp. 8–12 (In Russ.).
17. Colapietra M., Effect of Foliar Fertilization on Yield and Quality of Table Grapes, *Proc. Vth IS on Mineral Nutrition of fruit plants*, Eds. J.B. Retamales and G.A. Lobos, Acta Hort. 721, ISHS, 2006.
18. Winkler A.J., *General Viticulture*, 1962, 241 p.
19. Zhiznevskaya G.Ya., Iron in plant nutrition, *La fitinutrizione oligominerale. IX Simposio Internazionale di Agrochimica*, 1972, pp. 95–118.
20. Magrisso Yu., Rezittba pri nauchno planirovane na dobiva, *Lazarstvo itvinarstvo*, 1983, No. 32, pp. 25–26.
21. Guseynov Sh.N., Chigrik B.V., Gordeev V.N., *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 10–11 noyabrya 2004 g.*, Novochoerkassk, 2005, pp. 39–47 (In Russ.).
22. Guseynov Sh.N. Guseynov M.Sh., *Vinodelie i vinogradarstvo*, 2002, No. 4, pp. 38–41 (In Russ.).
23. Adzhiev A.M., Serpukhovitina K.A., Troshin L.P. [i dr.], *Vinogradarstvo Rossii: Nastoyashchee i budushchee* (Viticulture in Russia: Present and Future), Makhachkala: Novyy den', 2004, 438 s.
24. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow: Kolos, 1979, 416 p.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ГЕНОТИПА И СРЕДЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Н. Кирьякова, кандидат сельскохозяйственных наук

В.С. Юсов, кандидат сельскохозяйственных наук

М.Г. Евдокимов, доктор сельскохозяйственных наук

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

E-mail: m_kiriakova@mail.ru

Ключевые слова: твердая пшеница, линии, генотипы, экологическая пластичность, адаптивная способность, АММИ-анализ.

Реферат. Стабильность производства зерна во многом зависит от складывающихся погодных условий, технологии возделывания и способности сорта сохранить высокий уровень урожайности и качества зерна при воздействии неблагоприятных условий среды. Цель исследований – определение адаптивных свойств и генотип-средовых взаимодействий в формировании урожайности у линий яровой твердой пшеницы. Полевые исследования выполнялись в 2019–2021 гг. на базе селекционного севооборота лаборатории селекции твердой пшеницы ФГБНУ «Омский АНЦ», а также на опорном пункте семеноводства в степной зоне в пос. Новоуральский Таврического района Омской области. Конкурсное сортоиспытание было заложено по чистому пару в количестве 40 номеров и 3 реестровых сорта. Площадь делянок 10 м², повторность двукратная, размещение рендомизированное. Погодные условия отличались контрастностью как по осадкам, так и по температурному режиму. В 2019 г. сложились нетипичные метеорологические условия: благоприятные в первый период вегетации и засушливые во второй (поволжский тип засухи), в 2020 г. засуха наблюдалась в течение всего лета. Самые неблагоприятные условия для налива и созревания зерна складывались в 2021 г. Параметры экологической пластичности рассчитывали по S.A. Eberhart, W.A. Russel. Эффекты аддитивных и мультипликативных взаимодействий (АММИ-анализ) были определены по R.W Zobel и др. Проведенный анализ показал эффективность дифференциации реакции генотипа на окружающую среду АММИ-анализа и модели S.A. Eberhart, W.A. Russell. В то же время АММИ-анализ с отображением графиков был более информативен. Наиболее отзывчивыми на изменение условий произрастания оказались Гордеиформе 11-70-7, Гордеиформе 11-47-1 и Гордеиформе 11-49-1-1. Стабильно формируют высокую продуктивность генотипы Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 13-18-3, Гордеиформе 13-37-2. Наименьшее взаимодействие генотипа и среды отмечается у линии Гордеиформе 12-11-7.

ASSESSMENT OF ADAPTIVE CAPACITY AND GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTIONS OF PROMISING SPRING DURUM WHEAT LINES UNDER THE CONDITIONS OF THE OMSK REGION

M.N. Kiryakova, PhD in Agricultural Sciences

V.S. Yusov, Ph.D. in Agricultural Sciences

M.G. Evdokimov, Doctor of Agricultural Sciences

Omsk Agrarian Research Centre, Omsk, Russia

E-mail: m_kiriakova@mail.ru

Keywords: durum wheat, lines, genotypes, environmental plasticity, adaptive capacity, AMMI analysis (additive main effect and multiplicative interaction).

Abstract. The stability of grain production largely depends on prevailing weather conditions and cultivation technology. It also depends on the ability of the variety to maintain a high-level yield and grain quality under adverse environmental conditions. The study aims to determine the adaptive properties and genotype-medium interactions in yield formation in spring durum wheat lines. The authors conducted field research in 2019-2021 based on the breeding rotation of the durum wheat breeding laboratory of the FSBSI Omsk Research Center. The authors also conducted research at a seed production site in the steppe zone in the village of Novouralskiy, Tavriyskiy district,

Omsk region. Competitive varietal trials were laid on the pure pairing of 40 numbers and three registry varieties. The area of the plots was ten m², the repetition was double, and the placement was randomized. Weather conditions were contrasting both in terms of precipitation and temperature regime. Atypical meteorological conditions prevailed in 2019: favorable in the first vegetation period and drought conditions in the second (Volga type of drought). Drought conditions were observed throughout the summer of 2020. The most unfavorable conditions for grain filling and ripening occurred in 2021. Ecological plasticity parameters were calculated according to S.A. Eberhart and W.A. Russel. AMMI-analysis (additive main effect and multiplicative interaction) were determined according to R.W Zobel et al. The analysis showed the effectiveness of differentiation of genotype response to the environment by AMMI-analysis and the model of S.A. Eberhart, W.A. Russell. At the same time, AMMI analysis with graphs was more informative. The varieties Gordeiforme 11-70-7-7, Gordeiforme 11-47-1, and Gordeiforme 11-49-1-1 proved to be most responsive to changing growing conditions. The genotypes Gordeiforme 14-83-1, Gordeiforme 13-18-3, and Gordeiforme 13-37-2 stably form high productivity. The line of the variety Gordeiforme 12-11-7 has the least interaction between genotype and environment.

Ценность зерна твердой пшеницы состоит в получении сырья для изготовления макаронных изделий. Основной ареал возделывания твердой пшеницы в Западной Сибири – степная и южная лесостепная зоны. Стабильность производства зерна во многом зависит от складывающихся погодных условий, технологии возделывания и способности сорта сохранить высокий уровень урожайности и качества зерна при воздействии неблагоприятных условий среды. Экологическая пластичность сортов тесно связана с их нормой реакции на факторы внешней среды.

Генотипы с широкой нормой реакции произрастают в различных условиях и обладают сравнительно высокой продуктивностью, узкая норма реакции генотипа приводит к неустойчивости урожая по годам и незначительному ареалу распространения сорта [1–4]. Экологические факторы являются ведущими в определении величины изменчивости количественных признаков в процессе роста и развития растения. Генотип любого растения, взаимодействуя с условиями внешней среды, модифицирует в соответствии с этим свои признаки. Все признаки, которые являются элементами структуры урожая, следует рассматривать с точки зрения их изменчивости и связи с генетическими и средовыми факторами. Знание закономерностей варьирования количественных признаков играет важную роль в селекции растений при отборе ценных генотипов, а также дает возможность определить пластичность сортов [5–8]. На генотипы влияют различные условия окружающей среды, и они могут демонстрировать значительные различия в показателях урожайности по сравнению с другими генотипами.

Специалисты по генетике растений часто изучают эффективность многих генотипов в различных условиях. Такие исследования проводятся с целью отбора лучших генотипов для создания новых сортов сельскохозяйственных культур. Данные, собранные для

этих исследований, соответствуют одному или нескольким признакам для каждого генотипа в каждой среде. Этот тип данных может быть проанализирован с помощью дисперсионного анализа и использования модели аддитивных основных эффектов и мультипликативного взаимодействия (АММИ). Таким образом, пакет Viplot может дать ответ на несколько типов проблем, но в основном он предназначен для анализа данных, полученных селекционерами и генетиками, с целью визуального изучения урожайности генотипов и взаимодействия между генотипом и окружающей средой [9,10].

Эффекты взаимодействия генотипа с окружающей средой (G x E) представляют особый интерес для селекционных программ, их оценка проводится с помощью анализа модели аддитивного основного эффекта и мультипликативного взаимодействия (АММИ). Взаимодействие (G x E) вносит несогласованность в относительный рейтинг генотипов в разных средах и играет ключевую роль в разработке стратегий улучшения урожая.

Цель исследований – определение адаптивных свойств и генотип-средовых взаимодействий в формировании урожайности у линий яровой твердой пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служили 3 реестровых сорта и 40 линий конкурсного сортоиспытания яровой твердой пшеницы. Полевые опыты проводились в 2019–2021 гг. на опытных полях Омского АНЦ в южной лесостепной зоне и в опорном пункте семеноводства в степной зоне в пос. Новоуральский Таврического района Омской области в полном соответствии с требованиями и рекомендациями [11].

Площадь делянок 10 м², повторность двукратная. Почва опытного участка – чернозем

слабовыщелоченный среднегумусный (6,2%) тяжелосуглинистый. Параметры экологической пластичности рассчитывали по S.A. Eberhart, W.A. Russel [12]. Эффекты аддитивных и мультипликативных взаимодействий (АММИ-анализ) рассчитывали по R.W. Zobel et al. [13,14] с помощью пакета R version 4.0.3.

Осадки в период проведения опытов распределялись неравномерно. В 2019 г. метеорологические условия были благоприятны в первый период вегетации и засушливые во второй период, в 2020 г. засуха наблюдалась в течение всего лета. Самые неблагоприятные условия для налива и созревания зерна складывались в 2021 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перспективные линии и сорта выращивали в двух экологических зонах – южной лесостепной и степной – Омской области.

Урожайность среднераннего сорта Омская янтарная (средняя за 2019–2021 гг.) в конкурсном сортоиспытании Омского АНЦ была равна 3,95 т/га. Продуктивность среднепозднего сорта Жемчужина Сибири составила 3,70 т/га, среднепозднего сорта Омский изумруд – 3,65 т/га. В условиях 2021 г. урожайность стандартов составила соответственно 2,97; 2,95; 2,03 т/га (таблица). В 2020 и 2021 гг. в наиболее критический период развития растений (июнь – первая декада июля) наблюдались повышенная температура воздуха и нехватка осадков.

Урожайность, показатели пластичности и стабильности лучших образцов в конкурсном сортоиспытании
Yield, plasticity, and stability of the best samples in competitive variety trials

№ п/п	Сорт, номер	Урожайность, т/га			Показатель пластичности и стабильности	
		Омский АНЦ		Степная зона 2021 г.	β_i	δ^2d
		2021 г.	2019-2021 гг.			
1	Жемчужина Сибири	2,97	3,70	3,63	0,76	0,23
2	Омская янтарная	2,95	3,95	3,40	0,75	0,03
3	Омский изумруд	2,03	3,65	4,16	1,01	0,29
8	Г.11-48-2	3,41	4,51	3,03	1,06	0,40
9	Г.11-70-7	3,40	4,38	3,03	1,52	0,03
12	Г.10-71-3	2,38	4,15	3,57	1,27	0,07
13	Г.11-45-13	2,07	4,04	3,65	1,28	0,03
14	Г.11-47-1	2,91	4,40	3,90	1,25	0,03
15	Г.11-49-1	1,97	4,20	3,24	1,43	0,60
17	Г.11-77-3	3,06	4,47	3,82	1,32	0,12
18	Г.12-11-5	2,62	4,15	3,34	1,08	0,35
19	Г.12-75-3	2,86	4,14	3,50	0,53	0,24
20	Г.14-83-1	3,26	4,28	4,16	0,25	0,15
22	Г.11-49-1-1	2,21	4,14	3,73	1,37	0,00
23	Г.11-92-1	2,83	4,43	4,11	1,55	0,15
24	Г.11-75-2	2,89	4,36	3,75	1,07	0,06
25	Г.11-98-3	2,60	4,17	3,61	0,81	0,17
26	Г. 11-99-1	3,13	4,14	3,6	0,74	0,09
27	Г.11-99-6	3,33	4,04	3,64	0,83	0,13
30	Г. 12-11-7	2,56	3,82	4,16	0,76	0,13
32	Г.12-16-9	3,23	4,35	3,26	0,54	0,58
35	Г.12-31-1	2,55	4,26	4,19	1,34	0,16
37	Г.12-48-5	3,33	4,38	3,77	1,10	0,22
38	Г.12-50-2	2,90	4,38	3,64	0,92	0,38
40	Г.13-18-3	3,27	4,04	3,67	0,16	0,24
41	Г.13-37-2	3,13	4,15	3,54	0,40	0,32
42	Г.13-59-7	2,92	4,25	3,56	1,02	0,05
<i>По всем изученным образцам</i>						
	Среднее	2,69	4,01	3,61		
	Максимум	3,41	4,51	4,19	1,86	0,82
	Минимум	1,7	3,17	2,97	0,16	0,00
	НСР _{0,5}	0,21	0,33	0,28		

В среднем за 3 года по урожайности выделяются образцы, представленные в таблице. В условиях степи (пос. Новоуральское) в 2021 г. урожайность стандартов была следующей: Омская янтарная – 3,4, Жемчужина Сибири – 3,63, Омский изумруд – 4,16 т/га. Достоверно превысили стандарт Жемчужина Сибири по урожайности образцы Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 11-92-1, Гордеиформе 12-31-1 (с урожайностью 3,90–4,19 т/га).

Повышенная температура во второй – третьей декадах июля и первой декаде августа, сильный недобор осадков ускорили налив и созревание зерна твердой пшеницы. В этих нетипичных условиях для Западной Сибири преимущество имели среднеранние генотипы: Гордеиформе 11-48-2, Гордеиформе 11-70-7, Гордеиформе 11-77-3, Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 11-99-1, Гордеиформе 11-99-6, Гордеиформе 12-16-9, Гордеиформе 12-48-5, Гордеиформе 13-18-3, Гордеиформе 13-37-2, которые достоверно превысили урожайность стандартов.

Расчёт параметров экологической пластичности проведён по методике Эберхарта и Рассела, он основан на определении двух составляющих: коэффициента линейной регрессии (β_i) и дисперсии (δ^2d). Первый показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, а второй характеризует стабильность сорта в различных условиях среды.

Показатель пластичности позволил выделить сорта, наиболее адаптивные к меняющимся экологическим факторам. Следует учитывать, что чем выше показатель пластичности, тем более требователен сорт к высокому уровню агротехники, чтобы получить максимальную отдачу.

Наиболее отзывчивыми на изменение условий произрастания оказались Гордеиформе 11-70-7, Гордеиформе 11-47-1 и Гордеиформе 11-49-1-1. К линиям экстенсивного типа с высоким уровнем стабильности урожайности относятся Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 13-18-3, Гордеиформе 13-37-2.

В зарубежной практике для получения информации о генотип-средовых взаимодействиях очень широко используется метод АММИ, сочетающий в себе дисперсионный анализ для расчета аддитивных эффектов и анализ главных компонент для мультипликативных, неаддитивных эффектов. Он позволяет исключить остаточные отклонения или шумовые отклонения от взаимодействия генотипа и среды, а также генерирует оси главных компонент, которые сохраняют вариацию этого взаимодействия в порядке убывания [10,15]. Более наглядное представление данных из нескольких сред и идентификацию генотипов с широкими и специфическими адаптациями обеспечивает АММИ-biplot, который показывает средний (основной эффект) стабильности генотипа и среды (рис. 1, 2).

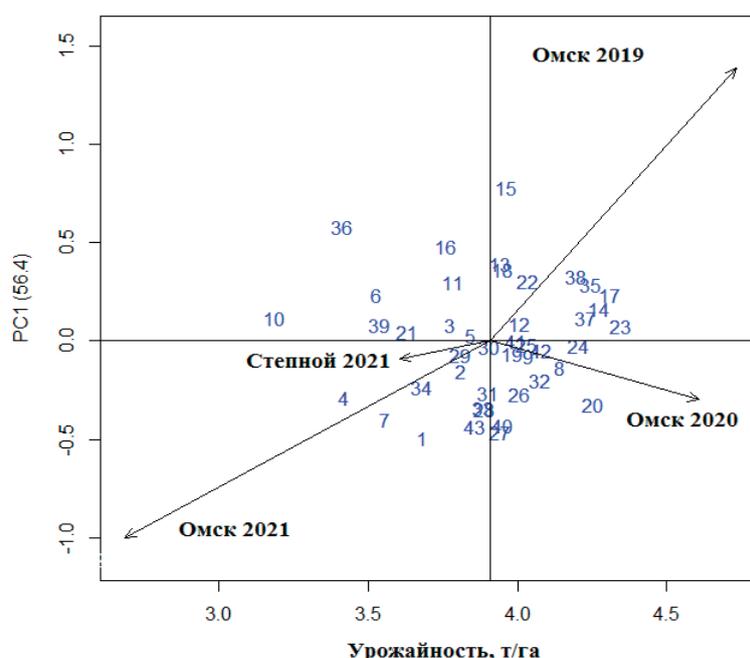


Рис. 1. АММИ-биplot генотипов твердой пшеницы (2019–2021 гг.). (Нумерацию сортов см. в таблице)

Figure. 1. AMMI-biplot of durum wheat genotypes (2019–2021). (See table for numbering of varieties)

Наиболее урожайными и высокоадаптированными линиями являются Гордеиформе 10-71-3, Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 11-77-3, Гордеиформе 11-49-1-1, Гордеиформе 11-92-1, Гордеиформе 12-31-1, Гордеиформе

12-48-5, Гордеиформе 12-50-2. Обе эти методики подтверждают высокую адаптивность линий Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 11-49-1-1, Гордеиформе 11-92-1.

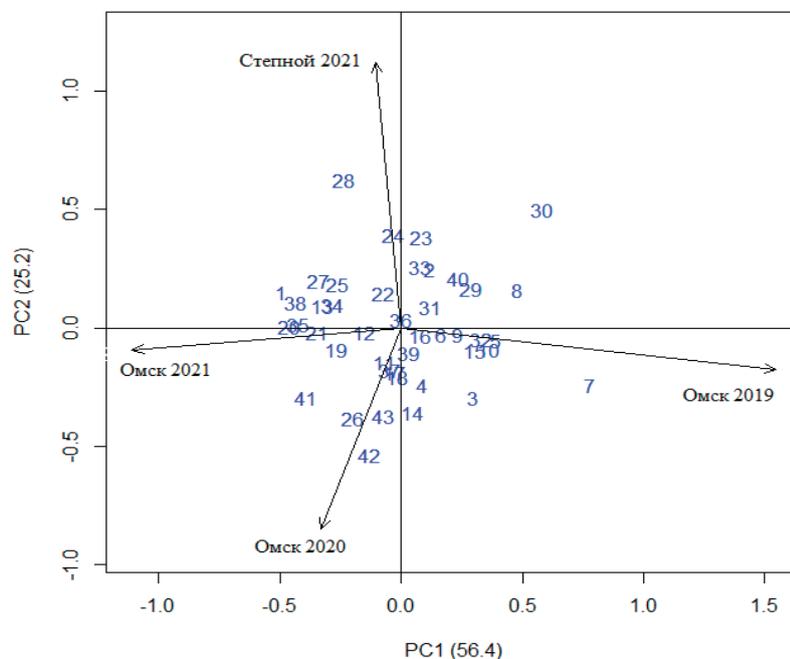


Рис. 2. AMMI2-биplot генотипов твердой пшеницы (2019–2021 гг.). (Нумерацию сортов см. в таблице)

Figure. 2. AMMI2- biplot of durum wheat genotypes (2019–2021). (See table for numbering of varieties)

Проведён анализ главных компонент PCA, где отображается первый основной компонент (PC1) против второго основного компонента (PC2) в конкурсном сортоиспытании линий яровой твердой пшеницы. Генотипы и среды, которые находятся параллельно линии ординаты, имеют одинаковую среднюю урожайность, а абсцисса показывает основные эффекты генотипов и среды. В период изучения конкурсного сортоиспытания самые неблагоприятные условия для налива и созревания зерна складывались в 2021 г. Наименьшим взаимодействием G x E обладает линия Гордеиформе 12-11-7 (30), она стабильно формировала среднюю урожайность независимо от факторов окружающей среды.

ВЫВОДЫ

1. Урожайность линий твёрдой пшеницы значительно варьировала в зависимости от агроклиматических условий года и экологической зоны выращивания. Лучшие условия для роста и развития генотипов в 2021 г. сложились в степной зоне, максимальная уро-

жайность отмечена у линий Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 11-92-1, Гордеиформе 12-31-1 (3,90–4,19 т/га).

2. Наиболее отзывчивыми на изменение условий произрастания оказались Гордеиформе 11-70-7, Гордеиформе 11-47-1 и Гордеиформе 11-49-1-1. К линиям экстенсивного типа с высоким уровнем стабильности урожайности относятся Гордеиформе 14-83-1, Гордеиформе 13-18-3, Гордеиформе 13-37-2.

3. Наиболее урожайными и высокоадаптированными линиями являются Гордеиформе 10-71-3, Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 11-77-3, Гордеиформе 11-49-1-1, Гордеиформе 11-92-1, Гордеиформе 12-31-1, Гордеиформе 12-48-5, Гордеиформе 12-50-2.

4. AMMI-анализ и регрессионная модель S.A. Eberhart, W.A. Russell эффективны, эти методики подтверждают высокую адаптивность линий Гордеиформе 11-47-1, Гордеиформе 11-49-1-1, Гордеиформе 11-92-1. Наименьшим взаимодействием генотип x среда обладает линия Гордеиформе 12-11-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Евдокимов М.Г., Юсов В.С.* Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье. – Омск, 2008. – 160 с.
2. *Розова М.А., Янченко В.И., Мельник В.М.* Экологическая пластичность яровой твёрдой пшеницы в условиях Алтая: монография / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. АНИИСХ. – Барнаул: Азбука, 2010. – С. 18–30.
3. *Юсов В.С., Евдокимов М.Г.* Твёрдая пшеница в лесостепи Западной Сибири. Достижения и перспективы // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 106–111.
4. *Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes / B. Vaezi, A. Pour-Aboughadareh, R. Mohammadi [et al.] // Euphytica. – 2019. – Vol. 215. – P. 63. – <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2386-5>.*
5. *Able J., Atienza S.* Durum wheat for the future: challenges, research and prospects in the 21st century // *Crop Pasture Sci.* – 2014. – <https://doi.org/10.1071/CPv65n1FO>.
6. *Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка).* / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов [и др.]. – Уфа, 2011. – 97 с.
7. *Malchikov P.N., Myasnikova M.G.* Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Russian Journal of Genetics: Applied Research.* – 2016. – Vol. 6, N 4. – P. 357–366.
8. *Predicting Yield and Stability Analysis of Wheat under Different Crop Management Systems across Agro-Ecosystems in India / M.L. Jat, R.K. Jat, P. Singh [et al.] // American Journal of Plant Sciences. – 2017. – Vol. 8. – P. 1977-2012. – <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.88133>.*
9. *Малокостова Е.И., Пивоварова И.Ю., Попова А.В.* Структурный анализ продуктивности колоса сортов и линий яровой твёрдой пшеницы // *Центральный научный вестник.* – 2018. – Т. 3, № 22 (63). – С. 32–34.
10. *GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data / W. Yan, M.S. Kang, B. Ma [et al.] // Crop Sci. – 2007. – Vol. 47. – P. 643–655. – <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>.*
11. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.* – М.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. – Вып. 1. – 384 с.
12. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties // *Corp. Sci.* – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36–40.
13. *Zobel R.W., Wright M.J., Gauch H.G.* Statistical Analysis of a Yield Trial // *Agronomy Journal.* – 1988. – Vol. 80. – P. 388–393. – <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000030002x>.
14. *Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI Analysis of Genotype × Environment Interaction / K. Hongyu, M. Garcia-Pena, L.B. de Araujo, C.T.S. Dias // Biometrical Letters. – 2014. – Vol. 51. – P. 89–102. – <https://doi.org/10.2478/bile-2014-0007>.*
15. *Mondo J.M., Kimani P.M., Narla R.D.* Genotype x Environment Interactions on Seed Yield of Inter-racial Common Bean Lines in Kenya // *World Journal of Agricultural Research.* – 2019. – Vol. 7 (3). – P. 76–87. – <https://doi.org/10.12691/wjar-7-3-1>.

REFERENCES

1. *Evdokimov M.G., Yusov V.S., Yarovaya tverdaya pshenitsa v Sibirskom Priirtysh'e* (Spring durum wheat in Siberian Irtysh), Omsk, 2008, 160 p.
2. *Rozova M.A., Yanchenko V.I., Mel'nik V.M., Ekologicheskaya plastichnost' yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh ABltaya* (Ecological plasticity of spring durum wheat in Altai), Rossel'khozakademiya. Sib.otd-nie. ANIISKh, Barnaul: Azbuka, 2010, pp. 18–30.
3. *Yusov V.S., Evdokimov M.G., Aktual'nye problemy sel'skogo khozyaistva gornyykh territorii* (Actual problems of development of mining enterprises), Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference, 2017, pp. 106–111. (In Russ.)
4. *Vaezi B., Pour-Aboughadareh A., Mohammadi R. [et al.], Integrating different stability models to investigate genotype × environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes, Euphytica, 2019, Vol. 215, pp. 63, <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2386-5>.*

5. Able J., Atienza S., Durum wheat for the future: challenges, research and prospects in the 21st century, *Crop Pasture Sci*, 2014, https://doi.org/10.1071/CPv65n1_FO.
6. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Kiraev R.S., Chanyshv I.O., *Ėkologicheskaya plastichnost' sel'skokhozyajstvennykh rastenii (metodika i otsenka)* (Ecological plasticity of agricultural plants (methodology and assessment), Ufa, 2011, 97 p.
7. Malchikov P.N., Myasnikova M.G., Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.), *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 2016, Vol. 6, No. 4. pp. 357–366.
8. Jat M.L., Jat R.K., Singh P., Jat S.L., Sidhu H.S., Jat H.S., Bijarniya D., Parihar C.M., Gupta R, Predicting Yield and Stability Analysis of Wheat under Different Crop Management Systems across Agro-Ecosystems in India, *American Journal of Plant Sciences*, 2017, Vol. 8, pp. 1977–2012, <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.88133>.
9. Malokostova E.I., Pivovarova I.Y., Popova A.V., *Tsentral'nyi nauchnyi vestnik*, 2018, Vol. 3, No. 22 (63), pp. 32–34. (In Russ.)
10. Yan W., Kang M.S., Ma B., Woods S., Cornelius P.L., GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data, *Crop Sci*, 2007, Vol. 47, pp. 643–655, <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>.
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokozyajstvennykh kul'tur* [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops], Moscow: OOO «Gruppa Kompanij More», 2019. Вып. 1, 384 p.
12. Eberhart S.A. Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Corp. Sci*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
13. Zobel R.W., Wright M.J., Gauch H.G., Statistical Analysis of a Yield Trial, *Agronomy Journal*, 1988, Vol. 80, pp. 388–393, <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000030002x>.
14. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo LB., Dias C.T.S., Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI Analysis of Genotype × Environment Interaction, *Biometrical Letters*, 2014, Vol. 51, pp. 89–102, <https://doi.org/10.2478/bile-2014-0007>.
15. Mondo J.M., Kimani P.M., Narla R.D., Genotype x Environment Interactions on Seed Yield of Inter-racial Common Bean Lines in Kenya, *World Journal of Agricultural Research*, 2019, Vol. 7 (3), pp. 76–87, <https://doi.org/10.12691/wjar-7-3-1>.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ БИОВАЙС И ТУРМАКС НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

П.И. Кудашкин, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.Д. Бондаренко, лаборант-исследователь

Н.Г. Власенко, доктор биологических наук

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирской обл., Россия

E-mail: nvlasenko@sfsca.ru

Ключевые слова: яровая пшеница, БиоВайс, ТурМакс, урожайность, эффективность, азотное удобрение.

Реферат. Приведены результаты изучения влияния препаратов ТурМакс и БиоВайс на продуктивность яровой пшеницы, выращиваемой второй культурой после пара по зерновому предшественнику в условиях северной лесостепи Приобья. Показано, что эти удобрения эффективно влияли на рост и развитие культуры в течение всего вегетационного периода. ТурМакс повышал густоту стояния растений в начале вегетации культуры в среднем на 2,1%, а БиоВайс – на 5,3%, в фазу молочно-восковой спелости зерна эта тенденция сохранялась. Выживаемость растений при обработке семян ТурМаксом и БиоВайсом увеличивалась относительно контрольного варианта на 9,7 и 11,9%, а продуктивная кустистость – на 4,9 и 3,5% соответственно. Обработка семян ТурМаксом и БиоВайсом при выращивании пшеницы на фоне внесения азотного удобрения в дозе 60 кг д.в./га повышала массу 1000 семян на 1,3 и 2,2%, а без его применения этот показатель возрастал на 4,5 и 5,2% соответственно. На этом же фоне комбинация обработки семян и посевов в фазе кущения БиоВайсом и ТурМаксом, а также ТурМаксом и БиоВайсом повышала эту величину на 6,3%. На удобренном фоне наилучший результат получен в вариантах ТурМакс + БиоВайс и БиоВайс + БиоВайс, где масса 1000 семян повышалась на 3,9 и 3,5%. Обработка семян ТурМаксом и БиоВайсом повышала урожайность на 0,20 и 0,22 т/га при выращивании пшеницы на фоне применения азотного удобрения. Предпосевная обработка семян ТурМаксом и обработка БиоВайсом в фазе кущения пшеницы повысила урожайность на фоне применения удобрений на 0,60 т/га, на неудобренном фоне – на 0,34 т/га. При обработке посевов БиоВайсом в фазу кущения культуры на удобренном фоне урожайность возрастала на 0,55 т/га, на неудобренном фоне – на 0,27 т/га.

EFFECT OF BIOVAYS AND TURMAX ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT IN THE NORTHERN FOREST STEPPE OF THE PRIOBYE REGION

P.I. Kudashkin, Ph.D. in Agricultural Sciences,

N.D. Bondarenko, Lab Researcher

N.G. Vlasenko, Doctor of Biological Sciences

Siberian Federal Research Centre for Agrobiotechnology RAS, Krasnoobsk Settlement, Novosibirsk Region, Russia

E-mail: nvlasenko@sfsca.ru

Keywords: spring wheat, BioVays, TurMax, yield, efficiency, nitrogen fertilizer.

Abstract. The authors presented the results of studying the effect of preparation TurMax and BioVays on the productivity of spring wheat. Spring wheat is grown as the second crop after fallow in the northern forest-steppe conditions of the Priobye region. During the study, the authors found that these fertilizers had an effective influence on crop growth and development throughout the growing season. The preparation TurMax increases the standing density of the plants at the beginning of the crop's vegetation by an average of 2.1%, while BioVays increases it by 5.3%. This trend persisted in the milk-wax maturity phase of the grain. The survival rate of plants when treated with TurMax and BioVays increased relative to the control variant by 9.7 and 11.9%. Productive bushiness increased by 4.9 and 3.5%, respectively. Seed treatment with TurMax and BioVays increased the weight of 1000 seeds by 1.3% and 2.2% when growing wheat in the background of nitrogen fertilizer application at a dose of 60 kg a.i. (active ingredient) / ha. This value increased by 4.5% and 5.2%, respectively, without the application of nitrogen fertilizer. The combination of seed and crop treatment with BioVays and TurMax increased this value by 6.3% in the tilling phase. On fertilized background, the best result was obtained in variants TurMax + BioVays and BioVays + BioVays, where the weight of 1000 seeds increased by 3.9% and 3.5%. Seed treatment with

TurMax and BioVays increased yield by 0.20% and 0.22% t/ha when growing wheat with nitrogen fertilizer. The pretreatment of seeds with TurMax and the treatment with BioVays in the wheat tiller phase increased the yield against fertilizer by 0.60 t/ha, and against an unfertilized background, the increase was 0.34 t/ha. When treated with BioVays in the tillering phase, the crop yield increased by 0.55 t/ha against the fertilized background and by 0.27 t/ha against the unfertilized background.

Современное зерновое производство стоит перед весьма сложной задачей – обеспечить устойчивый рост продуктивности и качества зерна на фоне ресурсосбережения, снижения уровня технического и антропогенного загрязнения окружающей среды и произведенной продукции [1, 2]. Достичь необходимых темпов роста продуктивности зерновых культур позволит лишь перевод технологии их возделывания на качественно новый уровень. Анализ данных литературы свидетельствует о том, что применение бактериальных препаратов в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур оказывает благоприятное воздействие на минеральное питание растений и увеличивает выход высококачественной продукции при рациональных расходах минеральных удобрений, а также улучшает экологическое состояние почв и повышает их плодородие [3–6]. Количество микробных препаратов для растениеводства в последние годы значительно увеличилось. Они созданы на основе свободноживущих, ассоциативных и симбиотических микроорганизмов, способных фиксировать атмосферный азот или превращать труднорастворимые фосфаты в формы, доступные для растений [7]. Успешное применение эффективных микроорганизмов связано с правильным пониманием комплекса взаимодействий, происходящих между различными компонентами системы «растение – микроорганизмы – почва» [8]. Действие этих препаратов заключается в направленном использовании жизнедеятельности полезных микроорганизмов, безопасных для окружающей среды [9].

Одним из таких препаратов является новое бактериальное удобрение БиоВайс, которое содержит консорциум высокоэффективных штаммов, выделенных из почвы: *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. phosphati-*

cum, – и улучшает обеспеченность растений азотом, фосфором и кремнием, а кроме того, обладает фунгицидными свойствами [10]. Еще один инновационный препарат – это органоминеральное удобрение ТурМакс, включающее целый комплекс макро- и микроэлементов (бор, молибден, марганец, медь, цинк, железо и др.), а также смесь олигосахаридов, аминокислот, фитогормонов и витаминов [10]. Они находятся в легкодоступной хелатной форме [11].

Эффективность этих препаратов изучалась на озимой пшенице разных сортов в условиях Бийской опытно-селекционной станции. Было установлено, что урожайность сортов озимой пшеницы от применения биопрепарата БиоВайс снижалась на 5,8–18,7%, а действие удобрения ТурМакс давало прибавку урожая от 0,04 до 0,99 т/га. Совместное применение препарата БиоВайс и комплексного удобрения ТурМакс повышало урожайность у всех изучаемых сортов на 1,0–1,2 т/га [12]. Обработка семян БиоВайсом и ТурМаксом в условиях лесостепи Алтайского края повышала урожайность озимой пшеницы в среднем по опыту на 0,26 т/га, а при обработке посевов этими препаратами прибавка урожайности составляла 0,32 т/га [13]. Хорошие результаты по испытанию ТурМакса были получены в Томской области на картофеле. Обработка этим препаратом вегетирующих растений повышала урожайность культуры на 21–40% [14]. В Краснодарском крае испытывали БиоВайс и ТурМакс на озимой пшенице. Этими препаратами обрабатывали семена и опрыскивали растения в фазу кущения культуры. При обработке семян БиоВайсом и ТурМаксом наблюдали мощное развитие корневой системы, масса корней увеличивалась более чем в 2 раза относительно контроля, урожайность повысилась на 0,3 и 0,46 т/га соответственно [15]. Предварительные испытания этих

препаратов показали, что они являются перспективными для включения в технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – изучить эффективность применения препаратов БиоВайс и ТурМакс при выращивании яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в многофакторном полевом опыте на опытном поле СФНЦА РАН, расположенном в северной лесостепи Приобья. В опыте высевали пшеницу сорта Новосибирская 31, которую размещали второй культурой после пара по зерновому предшественнику на двух фонах азотного питания – N_0 и N_{60} . Посев проводили в середине мая сеялкой СЗС-2,1 с анкерными сошниками, норма высева 6 млн всхожих зерен на 1 га. БиоВайс и ТурМакс использовали для предпосевной обработки семян и обработки посевов в фазе кущения пшеницы. Предпосевная обработка семян включала следующие варианты: контроль (без обработки), ТурМакс семена Бинарный (0,25 л/т); БиоВайс Спринт (0,25 кг/т). Норма расхода рабочего раствора – 10 л/т семян. Площадь делянки 42 м², расположение последовательное, повторность трехкратная. Опрыскивание посевов в фазе кущения пшеницы включало варианты: контроль (без обработки); ТурМакс всходы Бинарный (0,5 л/га); БиоВайс Спринт (0,2 кг/га). Варианты опыта накладывали на схему с протравливанием семян методом расщепленных делянок. Площадь делянки каждого варианта составила 14 м². Обработка делянок по схеме проводилась ручным опрыскивателем, расход рабочего раствора 200 л/га.

В фазу кущения пшеницу обрабатывали от сорняков баковой смесью противозлакового и противодудольного гербицидов, против болезней листьев в фазе колошения применяли фунгицид.

За вегетационный период в опыте проводились следующие учеты и

наблюдения: учет густоты стояния пшеницы в фазы двух листьев культуры и молочно-восковой спелости зерна, выживаемости растений к уборке, учет массы 1000 зерен [16, 17]. Урожайность учитывали прямым комбайнированием, приводили к 100%-й чистоте и 14%-й влажности.

Погодные условия в годы исследований существенно различались. По метеорологическим показателям вегетационный период 2020 г. характеризовался повышенной теплообеспеченностью и достаточной увлажненностью. Сумма осадков за вегетационный период с мая по август составила 245 мм, их распределение по месяцам было крайне неравномерным, в мае выпало 54,0 мм, в июне – 24,0, в июле – 85,0, в августе – 82,0 мм. Среднесуточная температура воздуха составила 16,5; 16,6; 19,6 и 18,6 °С соответственно. В 2021 г. температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям, в мае, июне, июле и августе она составила 14,3; 16,2; 19,6 и 18,1 °С соответственно. Осадков было на 45 мм меньше среднемноголетних значений, их сумма за вегетационный период составила 187 мм, в мае выпало 25,0, в июне – 73,0, в июле – 22,0, в августе – 67,0 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что обработка семян ТурМаксом и БиоВайсом оказывала влияние на густоту стояния растений как на фоне применения удобрения, так и без его внесения. ТурМакс повышал полевую всхожесть на 2,0 и 2,2%, а БиоВайс – на 5,2 и 5,4% соответственно (табл. 1). В фазе молочно-восковой спелости зерна эти препараты существенно повышали густоту стояния растений. Препарат ТурМакс увеличивал ее на 10,8% на фоне применения азотного удобрения и на 12,4% – без его внесения, в варианте с БиоВайсом эти показатели увеличивались на 19,3 и 15,4% соответственно. Таким образом, предпосевная обработка семян ТурМаксом и БиоВайсом оказывала положительное влияние на выживаемость растений. ТурМакс повышал выживаемость растений относительно контрольного варианта на 8,4% по удобренному и на 11,0% – по

неудобренному фону, а препарат БиоВайс на 13,2 и 10,5% соответственно.

Таблица 1

Влияние обработки препаратами на ростовые процессы яровой пшеницы (среднее за 2 года)

Influence of drug treatment on spring wheat growth processes (Average over 2 years)

Вариант		Густота стояния, шт/м ²		Выживаемость, %	Продуктивная кустистость
		2 листа	молочно-восковая спелость зерна		
N ₆₀	Контроль	536	455	84,9	1,05
	ТурМакс	548	504	92,0	1,10
	БиоВайс	565	543	96,1	1,08
N ₀	Контроль	520	436	83,2	0,98
	ТурМакс	530	490	92,4	1,03
	БиоВайс	547	503	92,0	1,02
Среднее по фактору удобрения		N ₀ 532 N ₆₀ 549	491 487		
НСР _{0,5}		28,8	28,9		
Среднее по фактору обработка		Контроль 528 ТурМакс 539 БиоВайс 556	459 482 526		
НСР _{0,5}		35,3	35,4		
НСР _{0,5} частных средних		70,7	70,8		

В целом за два года обработка семян препаратом ТурМакс способствовала росту показателя продуктивной кустистости. При его применении продуктивная кустистость повышалась по сравнению с контролем на 4,8% на удобренном фоне и 5,1% – на фоне без азотного удобрения. При использовании БиоВайса наблюдалось небольшое снижение этого показателя: на удобренном фоне – на 2,8%, а на неудобренном – на 4,1%.

Анализ данных по влиянию минеральных удобрений на густоту стояния растений в фазу двух листьев показал, что при внесении азотных удобрений в дозе 60 кг д.в./га, в среднем за 2 года полевая всхожесть повысилась на 3,2% относительно варианта без удобрений. В фазу молочно-восковой спелости зерна азотные удобрения не оказали влияния на этот показатель.

При обработке семян ТурМаксом и БиоВайсом масса 1000 зерен увеличивалась в среднем за 2 года на фоне без внесения азота на 4,5 и 5,2%, на удобренном фоне эти показатели были значительно ниже – 1,3 и 2,3% соответственно (табл. 2). Достоверное увеличение массы 1000 зерен было зафиксировано в варианте с БиоВайсом – на 0,6 г, при применении ТурМакса наблюдалась тенденция к повышению этого показателя.

При обработке посевов по вегетации (в фазу кущения культуры) ТурМаксом на азотном фоне масса семян заметно выросла – на 3,5%. На фоне без внесения азотного удобрения этот препарат не оказывал влияния на массу 1000 зерен. БиоВайс повышал этот показатель на обоих фонах – на 2,2 и 2,3%. Обработка семян ТурМаксом и опрыскивание посевов БиоВайсом на фоне без применения удобрения существенно повысили массу семян – на 6,3%, на удобренном фоне – на 3,9%. А двойная обработка ТурМаксом и БиоВайсом на фоне без внесения азота и на удобренном фоне увеличивала массу 1000 зерен на 3,3 и 4,5 и 3,2 и 3,5% соответственно.

При обработке семян ТурМаксом и БиоВайсом урожайность пшеницы в среднем за 2 года увеличилась на 0,05 и 0,11 т/га на фоне без удобрений, на удобренном фоне она повысилась на 0,20 и 0,22 т/га соответственно. При обработке посевов этими препаратами прибавка урожая составила 0,16 и 0,27 т/га на фоне без удобрений, 0,32 и 0,55 т/га на удобренном фоне соответственно.

Сочетание предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов в фазе кущения препаратом ТурМакс увеличило урожайность на 0,16 т/га на фоне без удобрений и на 0,57 т/га на удобренном фоне, при обработке

БиоВайсом урожайность повысилась на 0,19 и 0,54 т/га соответственно.

При обработке семян ТурМаксом и опрыскивании посевов по вегетации БиоВайсом на удобренном фоне урожайность повысилась на 0,34 т/га, а на фоне применения удобрения она увеличилась

на 0,60 т/га. При обработке семян БиоВайсом и посевов в фазу кущения ТурМаксом на удобренном и удобренном фоне урожайность возрасла на 0,25 и 0,46 т/га соответственно. Внесение азотного удобрения в среднем по опыту увеличило урожайность зерна в 2,2 раза.

Таблица 2

Влияние обработок на показатели продуктивности пшеницы (среднее за 2 года)

Influence of treatments on wheat productivity indicators (average for 2 years)

фон	Вариант		Масса 1000 зерен	Урожайность, т/га
	обработка семян	обработка в фазу кущения		
N ₆₀	Контроль	Контроль	31,0	2,48
	Контроль	ТурМакс	32,1	2,80
	Контроль	БиоВайс	31,7	3,03
	ТурМакс	Контроль	31,4	2,68
	ТурМакс	ТурМакс	32,0	3,05
	ТурМакс	БиоВайс	32,2	3,1
	БиоВайс	Контроль	31,7	2,7
	БиоВайс	ТурМакс	31,9	2,9
N ₀	Контроль	Контроль	26,8	1,1
	Контроль	ТурМакс	26,9	1,3
	Контроль	БиоВайс	27,4	1,4
	ТурМакс	Контроль	28,0	1,2
	ТурМакс	ТурМакс	27,7	1,3
	ТурМакс	БиоВайс	28,5	1,5
	БиоВайс	Контроль	28,2	1,2
	БиоВайс	ТурМакс	28,5	1,4
Среднее по фактору удобрения		N ₀	27,81	1,3
		N ₆₀	31,79	2,9
HCP _{0,5}			0,47	0,08
Среднее по фактору обработка семян		Контроль	29,4	2,02
		ТурМакс	29,9	2,12
		БиоВайс	30,0	2,10
HCP _{0,5}			0,58	0,09
Среднее по фактору обработка по вегетации		Контроль	29,6	1,90
		ТурМакс	29,8	2,12
		БиоВайс	30,0	2,22
HCP _{0,5} частных средних			1,00	0,16

ВЫВОДЫ

1. Результаты испытания препаратов ТурМакс и БиоВайс показали положительное влияние предпосевной обработки семян ими на густоту стояния растений в фазы двух листьев пшеницы и молочно-восковой спелости зерна. Этот прием повышал выживаемость растений, массу 1000 зерен и

урожайность яровой пшеницы.

2. Установлено, что более эффективно применять эти препараты на фоне внесения азотного удобрения.

3. Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы была получена при обработке семян ТурМаксом и опрыскивании посевов БиоВайсом как на удобренном фоне, так и на фоне без удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алабушев А.В., Анипенко Л.Н. Научное обеспечение продуктивности, устойчивости и рентабельности зерновой отрасли России // Вестник ОрелГАУ. – 2008. – № 1. – С. 2–10.

2. Дегтярева И.А., Яппаров И.А., Хидиятуллина А.Я. Биологические подходы к повышению урожайности сельскохозяйственных культур // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Т. 215. – С. 91–96.
3. Завалин А.А., Кожемяков А.П. Новые технологии и применение биопрепаратов комплексного действия. – СПб.: Химиздат, 2010. – 64 с.
4. Ступина Л.А. Влияние азотных минеральных удобрений и биостимуляторов Биовайс и Турмакс на минеральное питание и урожайность яровой пшеницы в условиях Алейской степи Алтайского края // Вестник АГАУ. – 2019. – № 6(176). – С. 16–21.
5. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных препаратов для земледелия / А.П. Кожемяков, Ю.В. Лактионов, Т.А. Попова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50, № 3. – С. 369–376. – DOI: 10.15389/agrobiology.2015.3.369rus.
6. Murodova S. Complex microbial preparations. The application in agricultural practice // *Biotechnologia Acta*. – 2014. – Vol. 7(6). – P. 92–101. – DOI: 10.15407/biotech7.06.092.
7. Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System / A. Bargaz, K. Lyamlouli, M. Chtouki [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 1–25. – DOI:10.3389/fmicb.2018.01606.
8. Чайковская Л.А., Овсиенко О.Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 4(28). – С. 159–182. – DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.
9. Грунская В.П., Коломейченко В.В. Эффективность микробиологических удобрений на яровой пшенице в Тульской области // Вестник ОрелГАУ. – 2017. – № 3(66). – С. 3–9.
10. Ступина Л.А. Влияние стимуляторов роста и азотных минеральных удобрений на микробиологическую активность чернозема выщелоченного и урожайность яровой пшеницы в условиях Алейской степи Алтайского края // Вестник АГАУ. – 2019. – № 3 (173). – С. 5–11.
11. Кузикева А.П., Литвинцев П.А. БиоВайс и ТурМакс на посевах озимой пшеницы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2012. – Кн. 2. – С. 366–368.
12. Шевчук Н.И., Александрова Т.Н. Действие микробиологических, комплексных минеральных удобрений и средств защиты на урожайность озимой пшеницы // Там же. – С. 472–474.
13. Эффективность минеральных и бактериальных удобрений на озимой пшенице в лесостепи Алтайского Приобья / В.И. Усенко, П.А. Литвинцев, А.П. Кузикева, Т.А. Литвинцева // Научное обеспечение зернового производства Алтайского края: сборник статей. – Барнаул: ФГБНУ Алтайский НИИСХ, 2016. – С. 127–133.
14. Сергеева О.Н., Перченко Н.А., Шипилин Н.Н. Применение органоминеральной добавки ТурМакс при возделывании картофеля // Вестник НГАУ. – 2013. – № 4 (29). – С. 36–40.
15. Боровая В.П. Биовайс на посевах озимой пшеницы // Защита и карантин растений. – 2013. – № 4. – С. 30.
16. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
17. Галеев Р.Р., Ломако И.С., Коровникова Г.А. Растениеводство: методические указания к курсовой работе / НГАУ, Агрономический факультет. – Новосибирск, 2015. – 35 с.

REFERENCES

1. Alabushev A.V., Anipenko L.N., *Vestnik OrelGAU*, 2008, No. 1, pp. 2–10. (In Russ.)
2. Degtyareva I.A., Yapparov I.A., Khidiyatullina A.Ya., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*, 2013, T. 215, pp. 91–96. (In Russ.)
3. Zavalin A.A., Kozhemyakov A.P., *Novye tekhnologii i primenenie biopreparatov kompleksnogo deistviya* (New technologies and application of biopreparations of complex action). Sankt-Peterburg: KhIMIZDAT, 2010, 64 p.
4. Stupina L.A., *Vestnik AGAU*, 2019, No. 6 (176), pp. 16–21. (In Russ.)
5. Kozhemyakov A.P., Laktionov Yu.V., Popova T.A. [i dr.], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2015, T. 50, No. 3, pp. 369–376, DOI: 10.15389/agrobiology.2015.3.369rus. (In Russ.)

6. Murodova S., Complex microbial preparations. The application in agricultural practice, *Biotechnology Acta*, 2014, Vol. 7 (6), pp. 92–101, DOI: 10.15407/biotech7.06.092.
7. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M., Zeroual Y., Dhiba D., Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System, *Frontiers in Microbiology*, 2018, Vol. 9, pp. 1–25, DOI:10.3389/fmicb.2018.01606.
8. Chaikovskaya L.A., Ovsienko O.L., *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2021, No. 4 (28), pp. 159–182, DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182. (In Russ.)
9. Grunskaya V.P., Kolomeichenko V.V., *Vestnik OrelGAU*, 2017, No. 3 (66), pp. 3–9. (In Russ.)
10. Stupina L.A., *Vestnik AGAU*, 2019, No. 3 (173), pp. 5–11. (In Russ.)
11. Kuzikeeva A.P., Litvintsev P.A., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu* (Agricultural Science – Agriculture), Proceedings of the Conference Title, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2012, Kn. 2, pp. 366–368. (In Russ.)
12. Shevchuk N.I., Aleksandrova T.N., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu* (Agricultural Science – Agriculture), Proceedings of the Conference Title, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2012, Kn. 2, pp. 472–474. (In Russ.)
13. Usenko V.I., Litvintsev P.A., Kuzikeeva A.P., Litvintseva T.A., *Nauchnoe obespechenie zernovogo proizvodstva Altaiskogo kraja*, Digest of articles, Barnaul: FGBNU Altaiskii NIISKh, 2016, pp. 127–133. (In Russ.)
14. Sergeeva O.N., Perchenko N.A., Shipilin N.N., *Vestnik NGAU*, 2013, No. 4 (29), pp. 36–40. (In Russ.)
15. Borovaya V.P., *Zashchita i karantin rastenii*, 2013, No. 4, pp. 30. (In Russ.)
16. Nikitenko G.F., *Opytnoe delo v polevodstve* (Experienced field work), Moscow: Rossel'khozizdat, 1982, 190 p.
17. Galeev R.R., Lomako I.S., Korovnikova G.A., *Rastenievodstvo* (Crop production), Guidelines for course work, NGAU, Agronom. fak., Novosibirsk, 2015, 35 p. (In Russ.).

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И ПЛОДНОСТИ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

С.В. Майбородин, кандидат сельскохозяйственных наук

Донской государственной аграрной университет, пос. Персиановский, Россия

E-mail: maiborodin87@mail.ru

Ключевые слова: виноград, формирование, нагрузка, сорт, побеги, урожайность, нагрузка, адаптированность, плодоносность.

Реферат. Целью исследований являлось изучение роста, развития и продуктивности двух сортов винограда, возделываемых в различных климатических зонах, с применением различных агротехнических приемов. В настоящее время на промышленных виноградниках страны прошли испытание и успешно возделываются ряд сортов винограда, разработанных зарубежными селекционерами. В нашей работе мы решили проанализировать влияние различных агротехнических приемов и воздействий на технический сорт Кристалл венгерской селекции и столовый сорт Августин болгарской селекции в разных климатических условиях. Учет биологических особенностей сортов винограда и правильный подбор агротехники способны полностью раскрыть потенциал растения и дать максимально возможный эффект. Среди всех агроприемов, используемых на плантациях во время возделывания винограда, ключевыми, на наш взгляд, являются способ формирования кустов и нагрузка винограда побегами. Эффективность применяемых приемов в ходе проведения исследований мы оценивали по показателям плодоносности побегов, количественным и качественным показателям урожая. По итогам работы было установлено, что урожайность сорта Августин была на 55–95% ниже урожайности сорта Кристалл при использовании одинаковых формировок, изменялась лишь норма нагрузки кустов побегами. Максимальная урожайность у сорта Кристалл была установлена в варианте с Y-образной формировкой кустов и составляла 17,3 т/га. Развитие побегов находилось на уровне 67–72% у обоих сортов, однако плодоносность побегов у сорта Кристалл была практически в 2 раза выше.

CHANGES IN PRODUCTIVITY AND FRUCTIFICATION OF VINE PLANTATIONS DEPENDING ON THE APPLICATION OF VARIOUS AGRONOMIC TECHNIQUES

S.V. Mayborodin, Ph.D. in Agricultural Sciences

Don State Agrarian University, Persianovskoye settlement, Russia

E-mail: maiborodin87@mail.ru

Keywords: grapes, formation, load, variety, shoots, yield, load, adaptability, fruitfulness.

Abstract. The research aims to study the growth, development, and productivity of two grape varieties cultivated in different climatic zones using various agronomic techniques. At the same time, some grape varieties bred by foreign breeders have been tested and are successfully grown in the industrial vineyards of the country. In their work, the authors analyzed the effects of different agronomic practices and influences on the technical variety Crystal of the Hungarian selection and the table variety Augustin of the Bulgarian selection under different climatic conditions. Taking into account the biological characteristics of the grape varieties and the right choice of farming techniques can unlock the full potential plant and give the maximum possible effect. The key factors are the method of bush formation and grape shoot load, among all agro techniques used in plantations during grape cultivation. The authors evaluated the efficiency of the techniques used in the course of their research on the indicators of shoot fructification and quantitative and qualitative yield indices. The authors found that the yield of the Augustin variety was 55-95% lower than that of the Crystal variety when using the same shrubs. Only the rate of bush shoot load varied. The maximum yield of variety Crystal was established in the variant with a Y-shaped formation of bushes and was 17.3 t/ha. The shoot development was at 67-72% in both varieties, but the fruiting capacity of the shoots of the variety Crystal was almost two times higher.

В зоне северного промышленного виноградарства России, к которому относится Ростовская область, в условиях перехода на рыночные условия хозяйствования стало значительно сложнее конкурировать с более благополучными по климатическим условиям районами, что привело к резкому сокращению объемов производства винограда [1].

При определении возможности ведения неукрывной культуры винограда в этих районах очень важно правильно подобрать адаптированные к данному климату и условиям сорта винограда, а также установить рациональные технологические схемы их возделывания.

Агротехника является основой воздействия на виноградное растение в процессе его выращивания, а значит, четкий и грамотный её выбор в конкретной климатической зоне выращивания и для подобранных сортов винограда является ключевой задачей исследователей [1–3].

Географическое положение виноградников в Ростовской области обуславливает частое поступление холодных воздушных потоков в осенне-зимний период, что приводит к критическим понижениям среднесуточных температур, подвергая тем самым опасности успешную перезимовку европейских сортов винограда. Поэтому при выборе технологии, которая будет применяться в процессе возделывания насаждений, нужно учитывать и использовать сорта винограда, подходящие по своим биологическим особенностям к климату, где происходит их возделывание, что способствует росту экономической эффективности производства. Более приспособленными к нестабильным погодным условиям зимнего периода на Дону являются сорта межвидового происхождения с повышенной морозостойкостью, среди которых: Цветочный, Кристалл, Первенец Магарача, Левокумский, Бианка и ряд других. Исходя из этого, делается ставка на сорта, наиболее адаптированные к условиям Нижнего Придонья, что позволяет вести неукрывную культуру винограда [4–6].

Цель исследований – определить перечень агротехнических приемов, применяемых при возделывании виноградных насаждений в конкретных климатических условиях, с целью рекомендации оптимальных технологических схем производства и получения мак-

симальных и высококачественных урожаев винограда.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись технический сорт винограда Кристалл и столовый сорт Августин. В ходе проведения работы было изучено и исследовано 5 различных способов ведения и формирования кустов, а также различные нормы нагрузки побегами. Схема посадки Кристалла 3 x 1,5 м, Августина 3 x 2 м. Исследования проводились в 2019–2021 гг. Всего было изучено 8 вариантов опытов с различными нормами нагрузки кустов. Подвой в обоих вариантах – Кобер 5ББ. Все агробиологические учеты и наблюдения в ходе проведения работы проводили в четком соответствии с общепринятой методикой агротехнических исследований [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В недавнем прошлом значительные площади промышленных виноградников юга России, в том числе Ростовской области, размещались в зоне укрывного виноградарства, где возделывались в основном европейские сорта винограда. Это было обусловлено тем, что климатические условия районов, в которых традиционно размещают виноградники на Дону, характеризуются периодическими понижениями среднесуточных температур воздуха в осенне-зимний период до уровня критических для перезимовки европейских сортов винограда при неукрывной культуре винограда [2, 8–13].

Распускание глазков и плодоносность побегов принято считать важными биологическими признаками, по которым можно определить реакцию растения на условия среды произрастания. Так, наилучшая сохранность глазков и плодоносность побегов в насаждениях, расположенных в Краснодарском крае, у сорта Августин была отмечена при двухъярусном расположении основных формирующих элементов кустов. Доля плодоносных побегов находилась в интервале от 46 до 53 % (табл.1).

Влияние способа ведения и формирования виноградных кустов сорта Августин (2019–2021 гг., S= 3 x 2 м, г. Анапа) на показатели плодоносности и продуктивности
Influence of the method of maintenance and formation of grape bushes of variety Augustin (2019-2021, S= 3 x 2 m, Anapa) on the indicators of fructification and productivity

Формировка куста	Норма нагрузки, побегов на куст	Развилось побегов, %	Плодоносность побегов, %	Средняя масса грозди, г	Урожайность		Концентрация в соке ягод, г/дм ³	
					куста, кг	т/га	сахаров	титруемых кислот
Двусторонний кордон	20	58	47	295	3,4	5,7	175	9,8
Спиральный кордон	20	64	51	316	3,3	5,5	178	10,7
Двухрукавная высокоштамбовая	23	62	53	313	4,1	6,8	184	10,2
Зигзагообразный кордон	26	66	50	324	4,8	8,0	179	11,2
У-образная	24	62	46	312	4,2	7,0	194	10,8
НСР _{0,5}			4,7	18,3	1,3	1,8		

Виноград сорта Кристалл, выращиваемый в Нижнем Придонье, обладает повышенными показателями морозоустойчивости. Поэтому даже несмотря на то, что абсолютный минимум температуры понижался до -28°C в ходе проведения исследований, стоит отметить вполне удовлетворительную сохранность глазков и перезимовку кустов. Доля плодоносных побегов в насаждениях с формой кустов двусторонний кордон была 89% при минимальном значении 82% у зигзагообразного кордона (табл. 2).

По величине грозди можно судить о преимуществе какой-либо из выбранных и применяемых в насаждениях систем ведения и формирования кустов винограда, ведь именно плодоносность и размер грозди определяют урожайность насаждения [4, 10, 14, 15].

На рисунке представлен внешний вид формировки куста зигзагообразный кордон на сорте Кристалл в условиях Нижнего Придонья, в котором отмечен максимальный результат по массе грозди – 141 г (см. табл. 2).



Внешний вид формировки куста зигзагообразный кордон
 Appearance of shrub formation zig-zag cordon

У сорта винограда Августин было отмечено преимущество по массе грозди (324 г) также у формировки зигзагообразный кордон, а наименьшее значение (295 г) – у формировки двусторонний кордон (см. табл. 1).

Что касается показателей урожайности насаждений, то тут отмечена более существенная разница между изучаемыми вариан-

тами. Так, максимальная урожайность у сорта Августин в Анапском районе Краснодарского края была зафиксирована в насаждениях с новыми формировками кустов: зигзагообразный кордон и Y-образная – 8,0 и 7,0 т/га соответственно, а минимальная – 5,5 т/га в насаждениях со спиральным кордоном [4, 5] (см. табл. 1).

Таблица 2

Влияние способа ведения и формирования виноградных кустов сорта Кристалл (среднее за 2019–2021 гг., S= 3 x 1,5 м, г. Новочеркасск) на показатели плодородности и продуктивности

Influence of management method and formation of grape bushes of variety Crystal (average for 2019–2021, S= 3 x 1.5 m, Novocherkassk) on fruitfulness and productivity indicators

Формировка куста	Норма нагрузки, побегов на куст	Развилось побегов, %	Плодородность побегов, %	Средняя масса грозди, г	Урожайность		Концентрация сока ягод, г/дм ³	
					куста, кг	т/га	сахаров	титруемых кислот
Двусторонний кордон	29	74	89	129	5,6	12,4	194	5,6
Спиральный кордон	36	68	86	132	6,5	14,4	198	5,4
Двулучий Гюйо	26	72	84	131	5,4	12,0	201	5,5
Зигзагообразный кордон	43	67	83	141	7,6	16,9	203	5,7
Y-образная	37	68	88	136	7,8	17,3	193	5,9
НСР _{0,5}			2,6	10,7	1,7	5,2		

В условиях Нижнего Придонья, где возделывается сорт винограда Кристалл, преимущество по показателям урожайности было отмечено в вариантах с формировками виноградных кустов Y-образная и зигзагообразный кордон – 17,3 и 16,9 т/га против 12,0 т/га в варианте опыта с формировкой двулучий Гюйо. При этом каких-либо существенных различий по качественным показателям урожая между вариантами установлено не было [6, 10, 11] (см. табл. 2).

Стоит сказать, что сорт Кристалл отличался высокой сахаронакопительной способностью. Так, в варианте опыта с максимальным показателем урожайности (17,3 т/га) не было установлено существенного снижения содержания сахаров в соке ягод.

В результате анализа данных, полученных в ходе проведения работы, можно сказать о том, что все применяемые в насаждениях агротехнические приемы оказали влияние на урожайность насаждений.

ВЫВОДЫ

1. Лучшие показатели урожайности как при возделывании сорта винограда Августин в условиях г. Анапы Краснодарского края, так и при возделывании сорта Кристалл в условиях Нижнего Придонья были отмечены в вариантах зигзагообразный кордон и Y-образная, что можно объяснить удачным размещением листостебельного аппарата в плоскости шпалеры.

2. Отмечена положительная реакция виноградных растений на применяемые способы ведения и формирования. Размещение основных формирующих элементов высокоштабных кустов на двух ярусах шпалеры позволило увеличить кроновое пространство, что в итоге обеспечило рост продуктивности насаждений на 15–25%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Виноградарство России: Настоящее и будущее* / Е.А. Егоров, А.Е. Аджиев, Ш.Н. Гусейнов [и др.]. – Махачкала, 2004. – 439 с.
2. *Устойчивое производство винограда. Состояние и перспективы развития* / Е.А. Егоров, К.А. Серпуховитина, Э.Н. Худавердов. – Краснодар, 2002. – 122 с.
3. *Cluster Thinning Effects on Three Deficit-Irrigated Vitis vinifera Cultivars* / Markus Keller, Lynn J. Mills, Robert L. Wample. // *Am. J. Enol. Vitic.* – 2005. – Vol. 56, N 6. – P. 91–103.
4. *Гусейнов Ш.Н., Майборodin С.В., Манацков А.Г.* Оптимизация агроприемов при возделывании сорта винограда Кристалл на Дону // *Инновационные технологии в науке и образовании* («ИТНО-2019»): сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию ДГТУ (РИСxM), 14 сент. 2019 г., п. Дивноморское, Краснодарский край РФ. – 2019. – С. 175–179.
5. *Гусейнов Ш.Н., Майборodin С.В., Манацков А.Г.* Влияние нормы нагрузки кустов побегами на продуктивность виноградника // *Русский виноград.* – 2019. – Т. 10. – С. 89–94.
6. *Приоритеты в технологическом развитии промышленного виноградарства* / Е.А. Егоров, В.С. Петров, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // *Магарац. Виноградарство и виноделие.* – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 18–21.
7. *Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе.* – Новочеркасск: ВНИИ виноградарства и виноделия им. Я.И. Потапенко, 1978. – 174 с.
8. *Алейникова Г.Ю.* Фенология винограда в условиях локального изменения климата // *Магарац. Виноградарство и виноделие.* – 2018. – Т. 20, № 3 (105). – С. 4–6.
9. *Бейбулатов М.Р.* Продуктивность сортов винограда в зависимости от погодных условий конкретной климатической зоны // *Магарац. Виноградарство и виноделие.* – 2014. – № 1. – С. 14–18.
10. *Гусейнов Ш.Н., Майборodin С.В., Манацков А.Г.* Влияние нормы нагрузки кустов побегами на продуктивность виноградника // *Русский виноград.* – 2019. – Т. 10. – С. 89 – 94.
11. *Ильницкая Е.Т., Нудьга Т.А.* Новые сорта винограда для высококачественного красного виноделия, адаптированные к возделыванию в неукрывной культуре в зонах виноградарства с нестабильными условиями зимнего периода // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – Краснодар, 2016. – Т. 58. – С. 121–123.
12. *Влияние изменений климата на фенологию винограда* / В.С. Петров, Г.Ю. Алейникова, Л.Ю. Новикова, Л.Г. Наумова, А.А. Лукьянова // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* – 2019. – № 57 (3). – С. 29–50.
13. *Рекомендации по возделыванию автохтонных сортов винограда на Дону.* – Новочеркасск, 2020. – 28 с.
14. *Гусейнов Ш.Н.* Взаимосвязь агробιοлогических признаков и их влияние на продуктивность виноградников // *Русский виноград.* – 2016. – Т. 4. – С. 163–173.
15. *Негрюль А.М.* Виноградарство и виноделие. – М.: Колос, 1968. – 512 с.

REFERENCES

1. Egorov E.A., Adzhiev A.E., Gusejnov Sh.N. [i dr.], *Vinogradarstvo Rossii: Nastoyashchee i budushchee* [Viticulture Of Russia: The present and the future], Mahachkala, 2004, 439 p.
2. Egorov E.A., Serpuhovitina K.A., Hudaverdov E.N., *Ustoichivoe proizvodstvo vinograda. Sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Sustainable grape production. State and prospects of development], Krasnodar, 2002, 122 p.
3. Keller Markus, Mills Lynn J., Wample Robert L., Cluster Thinning Effects on Three Deficit-Irrigated Vitis vinifera Cultivars, *Am. J. Enol. Vitic.*, 2005, Vol. 56, No. 6, pp. 91–103.
4. Guseinov Sh.N., Maiborodin S.V., Manatskov A.G., *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii* (ITNO-2019) (Innovative Technologies in Science and Education (ITNO-2019), Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of DSTU (RISHM) September 14, 2019, p. Divnomorskoe, Krasnodarskiy kray RF, pp. 175–179. (In Russ).

5. Guseinov Sh.N., Maiborodin S.V., Manatskov A.G., *Russkii vinograd*, 2019, Vol. 10. pp. 89–94. (In Russ).
6. Egorov E.A., Petrov V.S., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A., *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*, 2018, Vol. 20, No. 3, pp. 18–21. (In Russ).
7. *Agrotekhnicheskie issledovaniya po sozdaniyu intensivnykh vinogradnykh nasazhdenii na promyshlennoi osnove* [Agrotechnical research on the creation of intensive grape plantations on an industrial basis], Novocherkassk: VNII vinogradarstva i vinodeliya im. Ya.I. Potapenko, 1978, 174 p.
8. Aleinikova G.Yu., *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*, 2018, Vol. 20, No. 3 (105), pp. 4–6. (In Russ).
9. Beibulatov M.R., *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*, 2014, No. 1, pp. 14–18. (In Russ).
10. Guseinov Sh.N., Maiborodin S.V., Manatskov A.G., *Russkii vinograd*, 2019, Vol. 10, pp. 89–94. (In Russ).
11. Il'nitskaya E.T., Nud'ga T.A., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, Krasnodar, 2016, Vol. 58, pp. 121–123. (In Russ).
12. Petrov V.S., Aleinikova G.Yu., Novikova L.Yu., Naumova L.G., Luk'yanova A.A., *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2019, No. 57 (3), pp. 29–50. (In Russ).
13. *Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu avtokhtonnykh sortov vinograda na Donu* [Recommendations for the cultivation of autochthonous grape varieties on the Don], Novocherkassk, 2020, 28 p.
14. Guseinov Sh.N., *Russkii vinograd*, 2016, Vol. 4, pp. 163–173. (In Russ.)
15. Negrul' A.M., *Vinogradarstvo i vinodelie* [Viticulture and winemaking], Moskow: Kolos, 1968, 512 p.

КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СЕМЯН ПОДРОДА *СЕРА* (*ALLIUM* L., ALLIACEAE) – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

¹**Ф.Б. Мусаев**, доктор сельскохозяйственных наук

²**Н.С. Прияткин**, кандидат технических наук

³**М.И. Иванова**, доктор сельскохозяйственных наук

³**А.Ф. Бухаров**, доктор сельскохозяйственных наук

³**А.И. Кашлева**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Федеральный научный центр овощеводства, п. ВНИИССОК, Московской обл., Россия

²Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства, д. Веряя, Московской обл., Россия

E-mail: musayev@bk.ru

Ключевые слова: *Allium* L., семена, морфология, цифровой анализ изображений, цветовые признаки в системе RGB.

Реферат. В статье представлены результаты исследования морфологии семян *Allium* из подрода *Cepa*: секции *Cepa* (Mill.) Prokh. – *A. fistulosum* L., *A. altaicum* Pall., *A. galanthum* Kar. & Kir., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. pskemense* V. Fedtsch.; секции *Schoenoprasum* Dum. – *A. altyncolicum*, *A. ledebourianum*, *A. oliganthum*, *A. schoenoprasum* L.; секции *Condensatum* N. Friesen – *A. condensatum* из биокolleкции ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская область). Семена имели длину 2,74 - 3,50 мм, ширину – 1,33 – 2,14 мм. Морфологические признаки семян могут быть использованы в качестве дополнительных таксономических показателей в идентификации и различения таксонов в пределах подрода *Cepa* рода *Allium*. Измерение морфометрических и оптических параметров семян осуществляли путем анализа изображений с помощью программного обеспечения «ВидеоТест-Морфология», разработанного в ООО «Аргус-Био», г. Санкт-Петербург. Цифровые изображения семян получены с использованием цифрового планшетного сканера HP Scanjet 200, разрешение 600 dpi, формат файлов JPG. Определены морфометрические параметры семян, в том числе площадь проекции (см²), длина, ширина, периметр, средний размер (мм), средний диаметр Фере, факторы округлости, удлиненности, эллипса, изрезанности (отн. ед.), параметры яркости, тональности, насыщенности цвета (отн. ед.). По результатам исследования составлены ряды распределения видов в порядке убывания по каждому из изученных признаков. В пределах секции *Cepa* максимальные линейные размеры, периметр и площадь сечения имели семена *A. pskemense*. Среди представителей секции *Schoenoprasum* максимальную длину имели семечки *A. altyncolicum*. Максимальная ширина, периметр, площадь сечения, средний диаметр Фере семян зафиксирована у *A. ledebourianum*. В секции *Cepa* среднее значение RGB в порядке убывания составило ряд: *A. pskemense* > *A. galanthum* > *A. fistulosum* > *A. altaicum* > *A. oschaninii*. В секции *Schoenoprasum* этот ряд имеет вид: *A. schoenoprasum* > *A. ledebourianum* > *A. altyncolicum* > *A. oliganthum*.

COMPUTERISED VISUALISATION OF SEEDS OF THE CEPASUBGENUS (*ALLIUM* L., ALLIACEAE) - AN EFFECTIVE TOOL FOR ASSESSING THEIR QUALITY

¹**F.B. Musaev**, Doctor of Agricultural Sciences

²**N.S. Priyatkin**, Ph.D. in Technical Sciences

³**M.I. Ivanova**, Doctor of Agricultural Sciences

³**A.F. Bukharov**, Doctor of Agricultural Sciences

³**A.I. Kashleva**, Ph.D. in Agricultural Sciences

¹Federal Scientific Centre for Vegetable Production, VNISSOK settlement, Moscow Region, Russia

²Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia

³Russian Research Institute on Vegetable Growing, the branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia

E-mail: musayev@bk.ru

Keywords: *Allium L.*, seeds, morphology, digital image analysis, color attributes in RGB (red, green, blue) system.

Abstract. The authors presented the results of a study of the morphology of *Allium* seeds from the subgenus *Cepa*: *Cepa* section (Mill.) Prokh. *A. fistulosum L.*, *A. altaicum* Pall., *A. galanthum* Kar. & Kir., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. pskemense* B. Fedtsch.; *Schoenoprasum* Dum. – *A. altyncolicum*, *A. ledebourianum*, *A. oliganthum*, *A. schoenoprasum L.*; *Condensatum* N. Friesen – *A. condensatum*, from the biocollection of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution „Federal Scientific Centre for Vegetable Growing” (Moscow region). Seeds were 2.74 – 3.50 mm long and 1.33 – 2.14 mm wide. The morphological characteristics of the seeds can be used as additional taxonomic indicators in the identification and classification of taxa within the *Cepa* subgenus of the genus *Allium*. The authors measured the morphometric and optical parameters of the seeds by image analysis using VideoTest-Morphology software developed at Argus Bio Ltd. (St. Petersburg). Seed digital images were obtained using an HP Scanjet 200 digital flatbed scanner, 600 dpi resolution, and JPG file format. Morphometric parameters of seeds were determined, including projection area (cm²), length, width, perimeter, average size (mm), average diameter *Fere*, factors of roundness, elongation, ellipse, rugosity (relative units), parameters of brightness, tonality, color saturation (relative units). Based on the results of the study, a series of distributions of species was compiled in descending order of each of the characters studied. Within the *Cepa* section, the seeds of *A. pskemense* had the maximum linear size, perimeter, and cross-sectional area. Within the *Schoenoprasum* section, the seeds of *A. altyncolicum* had the maximum length. The maximum width, perimeter, cross-sectional area, and average diameter of *Fere* seeds were recorded for *A. ledebourianum*. In the *Cepa* section, the average RGB value in descending order was as follows: *A. pskemense* > *A. galanthum* > *A. fistulosum* > *A. altaicum* > *A. oschaninii*. In the *Schoenoprasum* section, this series is as follows: *A. schoenoprasum* > *A. ledebourianum* > *A. altyncolicum* > *A. oliganthum*.

Царство растений богато структурами, текстурами, формами и цветом. Тщательное их изучение может предоставить ценную биологическую информацию. Изображения и морфометрическая информация оказывают значительное влияние на широкий спектр тем исследований, в том числе в таксономии [1], для фенотипической характеристики видов [2], внутривидовой классификации [3], исследования изменчивости на популяционном уровне [4] и палеоэкологических исследований с анализом морфологии окаменелых растений, которые предоставляют данные об изменении климата [5].

Применение методов визуализации в сельском хозяйстве и науке о растениях ранее было ограничено изображениями, снятыми с помощью методов дистанционного зондирования с участием самолетов или спутников, которые затем обрабатывали и анализировали с использованием компьютеров. С новыми технологическими достижениями в захвате изображения и обработке данных методы визуализации решают различные практические проблемы в области биологии, медицины и сельского хозяйства. Различные типы методов визуализации, такие как тепловидение, флуоресцентная визуализация, гиперспектральная визуализация и фотометрические изображения, внесли значительный вклад в продвижение различных аспектов фенотипирования растений. Один из них – фотометрия, или изображения на основе RGB в

зависимости от изменения цвета различных биологических объектов. В последние годы значительный прогресс в применении изображений на основе RGB отмечен в различных областях сельского хозяйства и науки о растениях. RGB-анализ успешно использован для идентификации сорных растений [6, 7], картирования засоренности посевов [8, 9], оценки состояния газонов [10], анализа физиологических процессов в листьях [11], тестирования семян на степень вызревания [12–15]. В культуре растительных тканей на основе RGB-анализа изображений оценивали длину побега [16], определяли наличие вторичных метаболитов корневых волосков [17], классифицировали регенеранты [18, 19] и оценивали содержание хлорофилла в растениях [20, 21].

В семеноведении сельскохозяйственных культур современный уровень научных знаний требует применения инновационных инструментальных методов, отличающихся высокой информативностью и скоростью исполнения. Успешно применяются интроскопические методы оценки качества семенного материала, связанные с особенностями внутренней структур семян [22–24], активно используются технологии компьютерного анализа изображений семян [25, 26].

Морфометрические параметры определяют форму семян, что, в свою очередь, характеризует их жизнеспособность и в конечном счете продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Подсчет

семян и «ручная» морфометрия длительны и трудоемки в исполнении. Предложены различные эффективные методы компьютерной морфометрии семян с использованием обработки изображений [27–29]. Большинство из этих подходов реализованы с использованием программного обеспечения настольных ПК для анализа изображений семян на светлом фоне, полученных с помощью цифровой камеры или сканера [30, 31]. Эти подходы позволяют пользователям оценивать большое количество морфометрических параметров семени, описывающих форму и цвет [32]. Они также облегчают методы идентификации сорта с использованием изображений семян [33–35], определения содержания влаги в семенах и прогнозирования урожайности [36, 37].

Методы обработки изображений для морфометрии и классификации семян применяются с 1980-х гг. [38]. Обновление этих методов происходит постоянно, в том числе в последние годы [39, 40]. Разработаны различные методы оптического зондирования для оценки качества и безопасности семян [41], описаны сложные формы семян с использованием 2D-изображений [42, 43]. Революционная технология 3D-визуализации и робототехника [44, 45] или рентгеновская компьютерная томография [46] могут быть реализованы для точной оценки формы семян. Однако все еще существует необходимость в фенотипировании семян с использованием простых и доступных инструментов [31]. Они могут быть эффективно реализованы с высокой пропускной способностью.

Размерные характеристики, определяющие форму семян, оттенки цвета их поверхности, пригодные для дальнейшей обработки, делают современные методы получения изображений высокоадаптируемыми инструментами. Биоморфологические свойства семян могут быть проанализированы с помощью компьютерных систем анализа изображений, а данные быстро обработаны и сохранены, нанесены на график или составлены статистически [14].

Allium L. – большой, очень разнообразный и таксономически сложный род однодольных. Род включает более 900 видов, относящихся к 15 под родам и более 70 секциям [47–49], много культивируемых видов – в основном овощные и декоративные растения, некоторые с лечебными свойствами [50–51]. Установлен высокий уровень морфологического разнообразия семенной оболочки в роде *Allium*, детали которой хорошо видны

под сканирующим электронным микроскопом. Различия в размере семян, форме, цвете и структуре клеток семенной оболочки могут служить таксономическими и/или филогенетическими маркерами [48, 52].

Цель исследования – изучить геометрические параметры и цветные признаки семян подрода *Cepa* (*Allium* L., Alliaceae) из биокolleкции ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО путем цифрового сканирования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом для исследований явились семена *Allium* L. из подрода *Cepa*: секции *Cepa* (Mill.) Prokh. – *A. fistulosum* L., *A. altaicum* Pall., *A. galanthum* Kar. & Kir., *A. oschaninii* O. Fedtsch., *A. pskemense* B. Fedtsch.; секции *Schoenoprasum* Dum. – *A. altynolicum*, *A. ledebourianum*, *A. oliganthum*, *A. schoenoprasum* L.; секции *Condensatum* N. Friesen – *A. condensatum* из биокolleкции ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская область, N 55°36' E 38°1'). Растения 4–5-летнего возраста.

Измерение морфометрических и оптических параметров семянок проводили путем анализа изображений с помощью программного обеспечения «ВидеоТест-Морфология» (ООО «Аргус-Био», г. Санкт-Петербург). Цифровые изображения семянок получали с использованием цифрового планшетного сканера HP Scanjet 200, разрешение 600 dpi, формат файлов JPG. Программа с высокой точностью (до 1/1000 долей миллиметра) измеряет линейные параметры семянок. Ранее нами были проанализированы линейные параметры экологически разнокачественных семян фасоли и матрикально разнокачественных семян моркови и пастернака [53, 54].

Программное обеспечение анализа изображений позволяет проводить автоматические и ручные измерения по изображениям. Программа способна выделить объекты интереса (от фона) по значениям пикселей в цветовых системах RGB и HSB (цветовой тон, насыщенность, светлость). Для описания цветности при анализе цифровых изображений пользовались цветовой моделью RGB. Эта цветовая модель дает возможность разрешить до 28 (256) градаций яркости каждого из трех базовых цветов. Яркость в любом из каналов цифрового изображения в данной точке отражает интенсивность света красной, зеленой и синей областей спектра, попадающего на матрицу регистрирующего устрой-

ства фотокамеры. Согласно цветовой модели, R, G и B могут принимать абсолютные значения от 0 до 255.

Среднее значение RGB = (значение R + значение G + значение B) / 3.

Определяли морфометрические параметры семян:

- а) площадь проекции (см²);
- б) линейные размеры: длина, ширина, периметр, размер средний (мм);
- в) факторы округлости, удлиненности, эллипса, изрезанности (отн. ед.);
- д) параметры яркости: яркость, тональность, насыщенность (отн. ед.).

Фактор округлости (отн. ед.) – это отношение периметра семечки к периметру круга с той же площадью. Для круга показатель близок к единице. Фактор удлиненности (отн. ед.) показывает отношение габаритной длины семечки к габаритной ширине. Проекция изображения семени, не имеющего форму круга, измеряется как расстояние между касательными к контуру изображения, проведенными параллельно выбранному направлению (средний диаметр Фере).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Allium – один из крупнейших однодольных родов. Подрод *Cepa* включает 5 секций [55]. В настоящем исследовании мы описываем семечки 10 видов из 3 секций. Для рода *Allium* характерны зонтиковидные соцветия, при основании с покрывалом. Завязь трёхгнездная или одногнездная, с шестью или многими семяпочками. Плод – коробочка, вскрывающаяся по гнездам. В плоде образуется до 6 семечек, у редких видов – более 10.

Поливариантность семян является необходимым условием адаптивной стратегии растительных видов в нативных фитоценозах, но в агроценозах ее проявление ограничивается уровнем применяемых технологий возделывания сельскохозяйственной культуры. Варьирование морфометрических параметров семян, как и любых других признаков, является геноспецифичным, а следовательно, селекционно значимым [56, 57].

Из секции *Cepa* проанализированы семечки видов *A. fistulosum*, *A. altaicum*, *A. galanthum*, *A. oschaninii*, *A. pskemense*. Внутри секции максимальную длину имели семечки

A. pskemense (3,09 мм), минимальную – *A. fistulosum* (2,88 мм). Максимальная ширина семечки зафиксирована у *A. pskemense* (2,14 мм), минимальная – у *A. altaicum* (1,89 мм). Распределение среднего размера и площади семечки внутри видов составило ряд в порядке убывания: *A. pskemense* > *A. oschaninii* > *A. galanthum* > *A. fistulosum* > *A. altaicum*. Семечки всех изученных видов эллиптические: фактор эллипса 0,99 отн. ед., у *A. altaicum* – 0,98 отн. ед., у которого отмечена минимальная округлость (0,61 отн. ед.) и максимальная удлиненность (1,57 отн. ед.). Распределение периметра и изрезанности семечки внутри видов составило ряд в порядке убывания: *A. pskemense* > *A. oschaninii* > *A. galanthum* > *A. altaicum* > *A. fistulosum* (табл. 1).

Из секции *Schoenoprasum* в изучении находились семечки видов *A. altynolicum*, *A. ledebourianum*, *A. oliganthum*, *A. schoenoprasum*. Внутри секции максимальную длину имели семечки *A. altynolicum* (3,26 мм), минимальную – *A. oliganthum* (2,74 мм). Максимальная ширина семечки зафиксирована у *A. ledebourianum* (1,89 мм), минимальная – у *A. oliganthum* (1,33 мм). Распределение площади, периметра, ширины, среднего размера и среднего диаметра Фере семечки внутри видов составило ряд в порядке убывания: *A. ledebourianum* > *A. altynolicum* > *A. schoenoprasum* > *A. oliganthum*.

Распределение длины и максимального диаметра Фере семечки внутри видов составило ряд в порядке убывания: *A. altynolicum* > *A. ledebourianum* > *A. schoenoprasum* > *A. oliganthum*. Удлиненность семечки составила 2,08 отн. ед. у видов *A. oliganthum* и *A. schoenoprasum*, 2,05 отн. ед. – у *A. altynolicum* и 1,64 отн. ед. – у *A. ledebourianum*. Семечки всех изученных видов эллиптические: фактор эллипса 0,99 отн. ед., изрезанность – 0,01 отн. ед.

В наших исследованиях секция *Condensatum* представлена видом *A. condensatum*. Длина семечки составила 3,5 мм, ширина – 1,95 мм, средний размер – 2,73 мм. Периметр зафиксирован на уровне 8,86 мм, изрезанность – 0,03 отн. ед. Семечки эллиптические, фактор эллипса 0,99 отн. ед.

Анализ изрезанности семян изученных видов *Allium* из трех секций показал, что значение этого признака максимально (0,03 отн. ед.) у видов *A. pskemense* и *A. condensatum*, что может быть маркерным признаком в идентификации семян этих видов.

Таблица 1

Результаты морфометрического анализа семян некоторых видов *Allium L.* (n=100 шт.)
Results of morphometric analysis of seeds of some *Allium L. species* (n=100 pcs.)

Параметр	Секция <i>Сера</i> (Mill.) Prokh.										Секция <i>Schoenoprasum</i> Dum.				Секция <i>Condensatum</i> N. Friesen
	<i>A. fistulosum</i>	<i>A. altaicum</i>	<i>A. galanthum</i>	<i>A. oschaninii</i>	<i>A. pskemense</i>	<i>A. altypolicum</i>	<i>A. ledebourianum</i>	<i>A. oliganthum</i>	<i>A. schoenoprasum</i>	<i>A. condensatum</i>					
Площадь, мм ²	4,10/0,07	4,01/0,08	4,19/0,07	4,57/0,15	4,72/0,08	3,58/0,06	4,34/0,08	2,53/0,06	3,06/0,06	4,77/0,10					
Периметр, мм	7,71/0,06	7,73/0,08	7,80/0,07	8,11/0,14	8,42/0,08	7,66/0,06	8,03/0,07	6,45/0,07	7,15/0,06	8,86/0,14					
Длина, мм	2,88/0,02	2,95/0,03	2,90/0,02	3,02/0,06	3,09/0,03	3,26/0,02	3,06/0,02	2,74/0,03	3,02/0,02	3,50/0,05					
Ширина, мм	1,98/0,02	1,89/0,02	1,99/0,02	2,06/0,03	2,14/0,02	1,60/0,02	1,89/0,03	1,33/0,02	1,47/0,02	1,95/0,03					
Средний размер, мм	2,43/0,02	2,42/0,02	2,45/0,02	2,54/0,04	2,61/0,02	2,43/0,02	2,47/0,02	2,04/0,02	2,24/0,02	2,73/0,03					
Максимальный диаметр Фере, мм	2,84/0,02	2,90/0,03	2,86/0,02	2,97/0,06	3,04/0,03	3,19/0,02	3,02/0,02	2,67/0,03	2,95/0,02	3,45/0,05					
Средний диаметр Фере, мм	2,43/0,02	2,44/0,02	2,44/0,02	2,54/0,04	2,61/0,02	2,43/0,02	2,53/0,02	2,04/0,02	2,24/0,02	2,75/0,03					
Фактор круга, отн. ед.	0,86/0,00	0,84/0,01	0,86/0,01	0,87/0,01	0,84/0,01	0,77/0,01	0,84/0,01	0,76/0,01	0,75/0,01	0,77/0,02					
Фактор эллипса, отн. ед.	0,99/0,00	0,98/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00	0,99/0,00					
Округлость, отн. ед.	0,65/0,01	0,61/0,01	0,65/0,01	0,66/0,01	0,65/0,01	0,45/0,01	0,60/0,01	0,45/0,01	0,45/0,01	0,52/0,01					
Удлиненность, отн. ед.	1,47/0,02	1,57/0,02	1,47/0,02	1,46/0,02	1,45/0,02	2,05/0,03	1,64/0,03	2,08/0,03	2,08/0,03	1,82/0,05					
Ирезанность, отн. ед.	0,01/0,00	0,01/0,00	0,02/0,00	0,02/0,00	0,03/0,00	0,01/0,00	0,01/0,00	0,01/0,00	0,01/0,00	0,03/0,01					

Примечание. Значение / доверительный интервал.

Таблица 2

Величины цветовых составляющих семян некоторых видов *Allium L.* по модели RGB (n=100 шт.)
Values of the color components of seeds of some species of *Allium L.* according to the RGB model (n=100 pcs.)

Параметр	Секция <i>Сера</i> (Mill.) Prokh.										Секция <i>Schoenoprasum</i> Dum.				Секция <i>Condensatum</i> N. Friesen
	<i>A. fistulosum</i>	<i>A. altaicum</i>	<i>A. galanthum</i>	<i>A. oschaninii</i>	<i>A. pskemense</i>	<i>A. altypolicum</i>	<i>A. ledebourianum</i>	<i>A. oliganthum</i>	<i>A. schoenoprasum</i>	<i>A. condensatum</i>					
Средняя яркость, ед. яркости	58,12/0,56	56,62/0,84	58,35/0,82	54,17/0,64	61,83/0,88	52,80/0,78	61,64/0,79	51,99/0,61	61,59/0,75	62,61/1,11					
Отклонение яркости, ед. яркости	26,44/0,26	27,60/0,35	27,04/0,31	25,00/0,34	29,62/0,47	31,82/0,34	32,31/0,30	32,30/0,35	40,39/0,29	30,13/0,39					
Минимальная яркость, ед. яркости	9,70/0,46	9,80/0,56	10,10/0,54	10,35/0,59	9,59/0,54	6,00/0,60	7,71/0,47	7,90/0,58	9,86/0,48	8,01/0,63					
Максимальная яркость, ед. яркости	239,00/0,20	241,68/0,22	239,56/0,23	237,43/0,17	238,55/0,29	242,24/0,30	243,45/0,25	243,22/0,23	226,75/0,08	240,98/0,47					
Красный, ед. яркости	60,37/0,62	59,88/0,97	60,71/0,86	56,76/0,71	63,35/0,90	53,45/0,81	64,69/0,80	52,19/0,63	62,40/0,80	64,62/1,18					
Зеленый, ед. яркости	57,84/0,55	55,94/0,82	58,00/0,82	53,68/0,62	61,79/0,88	52,75/0,77	60,95/0,79	52,08/0,61	61,08/0,74	62,34/1,09					
Синий, ед. яркости	57,20/0,51	55,18/0,72	57,60/0,77	53,54/0,57	61,63/0,86	55,24/0,77	60,93/0,81	55,17/0,63	66,44/0,70	62,24/1,02					
Среднее значение RGB, ед. яркости	58,47/0,56	57,00/0,84	58,77/0,82	54,66/0,63	62,26/0,88	53,81/0,78	62,19/0,80	53,15/0,62	63,31/0,75	63,07/1,10					
Тональность, отн. ед.	0,27/0,04	0,29/0,06	0,40/0,05	0,46/0,07	0,41/0,05	0,73/0,01	0,46/0,06	0,68/0,01	0,72/0,01	0,46/0,07					
Насыщенность, отн. ед.	0,03/0,00	0,04/0,00	0,03/0,00	0,03/0,00	0,02/0,00	0,02/0,00	0,03/0,00	0,03/0,00	0,04/0,00	0,02/0,00					

Примечание. Значение / доверительный интервал.

Программное обеспечение также может извлекать и экспортировать информацию о цвете из изображения. Цветовой анализ стал очень важным в области растений в последние годы. Это позволяет идентифицировать вариации в накоплении различных пигментов и проводить диагностику болезней растений, сравнивать мутантные фенотипы и таксономические вариации [56, 57].

На основе интенсивности всех отдельных цветовых компонентов и среднего значения RGB были определены различия значений между секциями и видами (табл. 2). В секции *Cepa* среднее значение RGB в порядке убывания составило ряд: *A. pskemense* > *A. galanthum* > *A. fistulosum* > *A. altaicum* > *A. oschaninii*. В секции *Schoenoprasum* этот ряд имеет вид: *A. schoenoprasum* > *A. ledebourianum* > *A. altyncolicum* > *A. oliganthum*. Наивысший показатель среднего значения RGB установлен у *A. schoenoprasum* (63,31 ед. яркости) и *A. condensatum* (63,07 ед. яркости).

Выявлен ряд значений RGB в порядке убывания: в секции *Cepa* и секции *A. condensatum* – R > G > B. В секции *Schoenoprasum* эти значения неоднозначны: у *A. altyncolicum*, *A. oliganthum* и *A. schoenoprasum* – B > R > G, у *A. ledebourianum* – R > G > B. Максимальная тональность семян обнаружена в секции *Schoenoprasum*: у *A. altyncolicum* – 0,73 отн. ед., у *A. schoenoprasum* – 0,72 отн. ед.

Из секции *Cepa* у *A. altaicum* отмечены высокие значения максимальной яркости (241,68 ед. яркости) и насыщенности (0,04 отн. ед.).

Однако в секции *Schoenoprasum* обнаружена обратная закономерность: у *A. schoenoprasum* при наименьшем значении максимальной яркости (226,75 ед. яркости) отмечена высокая насыщенность (0,04 отн. ед.).

ВЫВОДЫ

1. Растущий интерес к цифровому документированию информации растений, их органов и тканей для разных целей (в том числе характеризующих качество семян) заставляет искать оперативные методы наблюдения и инструменты анализа. 2-D цифровое сканирование и компьютерная визуализация позволяют легко документировать изображения семян и их количественные характеристики (линейные измерения, проекции, яркость и насыщенность цвета).

2. В пределах секции *Cepa* максимальные линейные размеры, периметр и площадь сечения имели семена *A. pskemense*. Среди представителей секции *Schoenoprasum* максимальную длину имели семечки *A. altyncolicum*. Максимальная ширина, периметр, площадь сечения, средний диаметр Фере семян зафиксированы у *A. ledebourianum*. В секции *Cepa* среднее значение RGB в порядке убывания составило ряд: *A. pskemense* > *A. galanthum* > *A. fistulosum* > *A. altaicum* > *A. oschaninii*. В секции *Schoenoprasum* этот ряд имеет вид: *A. schoenoprasum* > *A. ledebourianum* > *A. altyncolicum* > *A. oliganthum*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Plant species identification using digital morphometrics: a review* / J.S. Cope, D. Corney, J.Y. Clark [et al.] // *Expert Syst. App.* – 2012. – N. 39. – P. 7562–7573. – DOI: 10.1016/j.eswa.2012.01.073.
2. *Pinheiro F., De Barros F.* Morphometric analysis of *Epidendrum secundum* (Orchidaceae) in southeastern Brazil // *Nord. J. Bot.* – 2008. – N 25. – P. 129–136. – DOI: 10.1111/j.0107-055X.2007.00010.x.
3. *Morphological and physiological traits of three major Arabidopsis thaliana accessions* / F. Passardi, J. Dobias, L. Valério [et al.] // *J. Plant Physiol.* – 2007. – N 164. – P. 980–992. – DOI: 10.1016/j.jplph.2006.06.008.
4. *Morphometric Study of Populations of the Centaurea jacea Complex (Asteraceae) in Belgium* / S. Vanderhoeven, O. Hardy, X. Vekemans [et al.] // *Plant Biol.* – 2002. – N 4. – P. 403–412. – DOI: 10.1055/s-2002-32327.
5. *Chaloner W.G., McElwain J.* The fossil plant record and global climatic change // *Rev. Palaeobot. Palynol.* – 1997. – N 95. – P. 73–82. – DOI: 10.1016/S0034-6667(96)00028-0.
6. *Hemming J., Rath T.* Computer-vision based weed identification under field condition using controlled lighting // *J. Agric. Eng. Res.* – 2001. – N 78. – P. 233–243.
7. *Ahmad I., Muhamin A., Naeem Islam M.* Real-time specific weed recognition system using histogram analysis // *Proc. World Acad. Sci. Eng. Technol.* – 2006. – N 16. – P. 145–148.
8. *Tillet N.P., Hague T., Miles S.J.* A field assessment of a potential method for weed and crop mapping geometry // *Comput. Electron. Agric.* – 2001. – N 32. – P. 229–246.

9. *Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods / M.J. Aitkenhead, I.A. Dalgetty, C.E. Mullins [et al.] // Comput. Electron. Agric. – 2003. – N 39. – P. 157–171.*
10. *Karcher D.E., Rechardson M.D. Quantifying turf grass color using digital image analysis // Crop Sci. – 2003. – N 43. – P. 943–951.*
11. *Aldea M., Frank T.D., Delucia E.H. A method for quantitative analysis for spatially variable physiological processes across leaf surfaces // Photosynth. Res. – 2006. – N 90. – P. 161–172.*
12. *Dell'Aquila A., van der Shoor R., Jalink A. Application of chlorophyll fluorescence in sorting controlled deteriorated white cabbage (*Brassica oleracea* L.) seeds // Seed Science and Technology. – 2002. – N 30. – P. 689–695.*
13. *Dell'Aquila A. Red-Green-Blue (RGB) colour density as a non-destructive marker in sorting deteriorated lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds // Seed Sci. & Technol. – 2006. – N 34. – P. 609–619.*
14. *Dell'Aquila A. Application of a computer-aided image analysis system to evaluate seed germination under different environmental conditions // Ital. J. Agron. – 2004. – N. 8. – P. 51–62.*
15. *Dana W., Ivo W. Computer image analysis of seed shape and seed color of flax cultivar description // Comput. Electron. Agric. – 2008. – N 61. – P. 126–135.*
16. *Image analysis associated with a fuzzy neural network and estimation of shoot length of regenerated rice callus / H. Honda, N. Takikawa, H. Noguchi [et al.] // J. Ferment. Bioeng. – 1997. – N 84. – P. 342–347.*
17. *Berzin I., Mills D., Merchuk J.C. A non-destructive method for secondary metabolite determination in hairy root cultures // J. Chem. Eng. Jpn. – 1999. – N 32. – P. 229–234.*
18. *Mahendra Prasad V.S.S., Dutta Gupta S. Trichromatic sorting of *in vitro* regenerated plants of gladiolus using adaptive resonance theory // Curr. Sci. – 2004. – N 87. – P. 348–353.*
19. *Prasad V.S.S., Dutta Gupta S. Photometric clustering of regenerated plants of gladiolus by neural network and its biological validation // Comput. Electron. Agric. – 2008. – N 60. – P. 8–17.*
20. *Yadav S.P., Ibaraki Y., Dutta Gupta S. Estimation of the chlorophyll content of micropropagated potato plants using RGB based image analysis // Plant Cell Tiss. Org. Cult. – 2010. – N 100. – P. 183–188.*
21. *Dutta Gupta S., Ibaraki Y., Pattanayak A. Development of a digital image analysis method for real-time estimation of chlorophyll content in micropropagated potato plants // Plant Biotechnol. Rep. – 2013. – N 7. – P. 91–97.*
22. *Мусаев Ф.Б., Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Анализ качества семян овощных культур методом рентгенографии // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 18–27.*
23. *Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Мусаев Ф.Б. Мягколучевая рентгеноскопия – эффективный метод выявления «пустосемянности» овощных зонтичных культур // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 1 (9). – С. 6–11.*
24. *Интроскопические методы исследования качества семенного материала: состояние проблемы и перспективы использования / Н.С. Прияткин, М.В. Архипов, Л.П. Гусакова [и др.] // Агрофизика. – 2018. – № 2. – С. 29–39.*
25. *Sandeep Varma V., Kanaka Durga K., Keshavulu K. Seed image analysis: its applications in seed science research // International Research Journal of Agricultural Sciences. – 2013. – Vol. 1 (2). – P. 30–36.*
26. *Kapadia V.N., Sasidharan N., Patil K. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research // Advances in Biotechnology and Microbiology. – 2017. – Vol. 7, Is. 2. – P. 1–3.*
27. *Granitto P.M., Verdes P.F., Ceccatto H.A. Large-scale investigation of weed seed identification by machine vision // Comput. Electron. Agric. – 2005. – N 47. – P. 15–24. – DOI: 10.1016/j.compag.2004.10.003.*
28. *Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing / A. Pourreza, H. Pourrezab, M.H. Abbaspour-Farda, H. Sadrniaa // Comput. Electron. Agric. – 2012. – N 83. – P. 102–108. – DOI: 10.1016/j.compag.2012.02.005.*

29. *SmartGrain*: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis / T. Tanabata, T. Shibaya, K. Hori [et al.] // *Plant Physiol.* – 2012. – N 4. – P. 1871–1880. – DOI: 10.1104/pp.112.205120.
30. *Rapid* analysis of seed size in *Arabidopsis* for mutant and QTL discovery / R.P. Herridge, R.C. Day, S. Baldwin, R.C. Macknight // *Plant Methods.* – 2011. – N 7. – P. 3. – DOI: 10.1186/1746-4811-7-3.
31. *GrainScan*: a low cost, fast method for grain size and colour measurements / A.P. Whan, A.B. Smith, C.R. Cavanagh [et al.] // *Plant Methods.* – 2014. – N 10. – P. 1. – DOI: 10.1186/1746-4811-10-2310.4225/08/536302C43FC28.
32. *Crop* segmentation from images by morphology modeling in the CIE L*a*b color space / X.D. Bai, Z.G. Cao, Y. Wang [et al.] // *Comput. Electron. Agric.* – 2013. – N 99. – P. 21–34. – DOI: 10.1016/j.compag.2013.08.022.
33. *Wiesnerová D., Wiesner I.* Computer image analysis of seed shape and seed color for flax cultivar description / *Comput. Electron. Agric.* – 2008. – N 61. – P. 126–135. – DOI: 10.1016/j.compag.2007.10.001.
34. *Combining* discriminant analysis and neural networks for corn variety identification / X. Chen, Y. Xun, W. Li, J. Zhang // *Comput. Electron. Agric.* – 2010. – N 71. – P. 48–53. – DOI: 10.1016/j.compag.2009.09.003.
35. *Zapotoczny P.* Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks, Part I, single kernel texture // *J. Cereal Sci.* – 2011. – N 54. – P. 60–68. – DOI: 10.1016/j.jcs.2011.02.012.
36. *Image* analysis of whole grains: a noninvasive method to predict semolina yield in durum wheat / P. Novaro, F. Colucci, G. Venora, M.G. D’egidio // *Cereal Chem.* – 2001. – N 78. – P. 217–221. – DOI: 10.1094/CCHEM.2001.78.3.217.
37. *Evaluation* of the effect of moisture content on cereal grains by digital image analysis / A.R. Tahir, S. Neethirajan, D.S. Jayas [et al.] // *Food Res. Int.* – 2007. – N 40. – P. 1140–1145. – DOI: 10.1016/j.foodres.2007.06.009.
38. *An instrumental* system for cereal grain classification using digital image analysis / H.D. Sapirostein, M. Neuman, E.H. Wright [et al.] // *J. Cereal Sci.* – 1987. – N 6. – P. 3–14. – DOI: 10.1016/S0733-5210(87)80035-8.
39. *A robust*, high-throughput method for computing maize ear, cob, and kernel attributes automatically from images / N.D. Miller, N.J. Haase, J. Lee [et al.] // *Plant J.* – 2016. – DOI: 10.1111/tbj.13320.
40. *Sankaran S., Wang M., Vandemark G.J.* Image-based rapid phenotyping of chickpeas seed size // *Eng. Agric. Environ. Food.* – 2016. – N 9. – P. 50–55. – DOI: 10.1016/j.eaef.2015.06.001.
41. *Review* of seed quality and safety tests using optical sensing technologies / M. Huang, Q.G. Wang, Q.B. Zhu [et al.] // *Seed Sci. Technol.* – 2015. – N 43. – P. 337–366. – DOI: 10.15258/sst.2015.43.3.16.
42. *Williams K., Munkvold J., Sorrells M.* Comparison of digital image analysis using elliptic fourier descriptors and major dimensions to phenotype seed shape in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Euphytica.* – 2013. – N 190. – P. 99–116. – DOI: 10.1007/s10681-012-0783-0.
43. *Cervantes E., Martín J.J., Saadaoui E.* Updated methods for seed shape analysis / *Scientifica.* – 2016. – DOI: 10.1155/2016/5691825.
44. *PhenoSeeder* – a robot system for automated handling and phenotyping of individual seeds / S. Jahnke, J. Roussel, T. Hombach [et al.] // *Plant Physiol.* – 2016. – N 172. – P. 1358–1370. – DOI: 10.1104/pp.16.01122.
45. *3D surface* reconstruction of plant seeds by volume carving: performance and accuracies / J. Roussel, F. Geiger, A. Fischbach [et al.] // *Front. Plant. Sci.* – 2016. – N 7. – P. 745. – DOI: 10.3389/fpls.2016.00745.
46. *Automatic* estimation of wheat grain morphometry from computed tomography data / H. Strange, R. Zwigelaar, C. Sturrock [et al.] // *Funct. Plant Biol.* – 2015. – N 42. – P. 452–459. – DOI: 10.1071/FP14068.

47. Friesen N., Fritsch R.M., Blattner F.R. Phylogeny and new infrageneric classification of *Allium* (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences // *Aliso*. – 2006. – N 22. – P. 372–395.
48. Neshati F., Fritsch R.M. Seed characters and testa sculptures of some Iranian *Allium* L. species (Alliaceae) // *Feddes Repert.* – 2009. – N 120. – P. 322–332.
49. Fritsch R.M., Blattner F.R., Gurushidze M. New classification of *Allium* L. subg. *Melanocrommyum* (Webb & Berthel) Rouy (Alliaceae) based on molecular and morphological characters // *Phyton*. – 2010. – N 49. – P. 145–220.
50. Fritsch R.M., Abbasi M. Taxonomic Review of *Allium* subg. *Melanocrommyum* in Iran. – Germany, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, 2013.
51. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области / М.И. Иванова, А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, А.Р. Бухарова, А.И. Кашлева, Т.М. Середин, О.А. Разин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – Т. 33, № 5. – С. 47–50. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511.
52. Bednorz L., Krzysińska A., Czarna A. Seed morphology and testa sculptures of some *Allium* L. species (Alliaceae) // *Acta Agrobotanica*. – 2011. – Vol. 64 (2). – P. 33–38.
53. Исследование разнокачественности семян овощных культур с использованием компьютерного анализа изображений / Ф.Б. Мусаев, А.В. Солдатенко [и др.] // *Агрофизика*. – 2019. – № 1. – С. 38–44.
54. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур / Ф.Б. Мусаев, Н.С. Прияткин, М.В. Архипов [и др.] // *Картофель и овощи*. – 2018. – № 6. – С. 35–37.
55. *Systematics* of disjunct northeastern Asian and northern North American *Allium* (Amaryllidaceae) / Choi Hyeok Jae, Giussani Liliana M., Jang Chang Gee [et al.] // *Botany*. – 2012. – N 90 (6). – P. 491–508. – DOI: 10.1139/b2012-031.
56. *Non-destructive Plant Morphometric and Color Analyses Using an Optoelectronic 3D Color Microscope* / H.G. Lazcano-Ramírez, A. Gómez-Felipe, D. Díaz-Ramírez [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2018. – N 9. – P. 1409. – DOI: 10.3389/fpls.2018.01409.
57. Kasajima I. Measuring plant colors // *Plant Biotechnology*. – 2019. – N 36. – P. 63–75. – DOI: 10.5511/plantbiotechnology.19.0322a.

REFERENCES

1. Cope J.S., Corney D., Clark J.Y., Remagnino P., Wilkin P., Plant species identification using digital morphometrics: a review, *Expert Syst. App.*, 2012, No. 39, pp. 7562–7573, DOI: 10.1016/j.eswa.2012.01.073.
2. Pinheiro F., De Barros F., Morphometric analysis of *Epidendrum secundum* (Orchidaceae) in southeastern Brazil, *Nord. J. Bot.*, 2008, No. 25, pp. 129–136, DOI: 10.1111/j.0107-055X.2007.00010.x.
3. Passardi F., Dobias J., Valério L., Guimil S., Penel C., Dunand C., Morphological and physiological traits of three major *Arabidopsis thaliana* accessions, *J. Plant Physiol.*, 2007, No. 164, pp. 980–992, DOI: 10.1016/j.jplph.2006.06.008.
4. Vanderhoeven S., Hardy O., Vekemans X., Lefèbvre C., de Loose M., Lambinon J.A., Morphometric Study of Populations of the *Centaurea jacea* Complex (Asteraceae) in Belgium, *Plant Biol.*, 2002, No. 4, pp. 403–412, DOI: 10.1055/s-2002-32327.
5. Chaloner W.G., McElwain J., The fossil plant record and global climatic change, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 1997, No. 95, pp. 73–82, DOI: 10.1016/S0034-6667(96)00028-0.
6. Hemming J., Rath T., Computer-vision based weed identification under field condition using controlled lighting, *J. Agric. Eng. Res.*, 2001, No. 78, pp. 233–243.
7. Ahmad I., Muhamin A., Naeem Islam M., Real-time specific weed recognition system using histogram analysis, *Proc. World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 2006, No. 16, pp. 145–148.
8. Tillet N.P., Hague T., Miles S.J. A field assessment of a potential method for weed and crop mapping geometry, *Comput. Electron. Agric.*, 2001, No. 32, pp. 229–246.
9. Aitkenhead M.J., Dalgetty I.A., Mullins C.E., McDonald A.J.S., St. Rachan, N.J.C., Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods, *Comput. Electron. Agric.*, 2003, No. 39, pp. 157–171.

10. Karcher D.E., Recharadson M.D., Quantifying turf grass color using digital image analysis, *Crop Sci.*, 2003, No. 43, pp. 943–951.
11. Aldea M., Frank T.D., Delucia E.H., A method for quantitative analysis for spatially variable physiological processes across leaf surfaces, *Photosynth. Res.*, 2006, No. 90, pp. 161–172.
12. Dell'Aquila A., van der Shoor R., Jalink A., Application of chlorophyll fluorescence in sorting controlled deteriorated white cabbage (*Brassica oleracea* L.) seeds, *Seed Science and Technology*, 2002, No. 30, pp. 689–695.
13. Dell'Aquila A., Red-Green-Blue (RGB) colour density as a non-destructive marker in sorting deteriorated lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds, *Seed Sci. & Technol.*, 2006, No. 34, pp. 609–619.
14. Dell'Aquila A., Application of a computer-aided image analysis system to evaluate seed germination under different environmental conditions, *Ital. J. Agron.*, 2004, No. 8, pp. 51–62.
15. Dana W., Ivo W., Computer image analysis of seed shape and seed color of flax cultivar description, *Comput. Electron. Agric.*, 2008, No. 61, pp. 126–135.
16. Honda H., Takikawa N., Noguchi H., Hanai T., Kobayashi T., Image analysis associated with a fuzzy neural network and estimation of shoot length of regenerated rice callus, *J. Ferment. Bioeng.*, 1997, No. 84, pp. 342–347.
17. Berzin I., Mills D., Merchuk J.C., A non-destructive method for secondary metabolite determination in hairy root cultures, *J. Chem. Eng. Jpn.*, 1999, No. 32, pp. 229–234.
18. Mahendra Prasad V.S.S., Dutta Gupta S., Trichromatic sorting of in vitro regenerated plants of gladiolus using adaptive resonance theory, *Curr. Sci.*, 2004, No. 87, pp. 348–353.
19. Prasad V.S.S., Dutta Gupta S., Photometric clustering of regenerated plants of gladiolus by neural network and its biological validation, *Comput. Electron. Agric.*, 2008, No. 60, pp. 8–17.
20. Yadav S.P., Ibaraki Y., Dutta Gupta S., Estimation of the chlorophyll content of micropropagated potato plants using RGB based image analysis, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 2010, No. 100, pp. 183–188.
21. Dutta Gupta S., Ibaraki Y., Pattanayak A., Development of a digital image analysis method for real-time estimation of chlorophyll content in micropropagated potato plants, *Plant Biotechnol. Rep.*, 2013, No. 7, pp. 91–97.
22. Musaev F.B., Arhipov M.V., Potrahov N.N., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozejstvennoj akademii*, 2014, No. 4, pp. 18–27. (In Russ.)
23. Buharov A.F., Baleev D.N., Musaev F.B., *Permskij agrarnyj vestnik*, 2015, No. 1 (9), pp. 6–11. (In Russ.)
24. Prijatkin N.S., Arhipov M.V., Gusakova L.P. [i dr.], *Agrofizika*, 2018, No. 2, pp. 29–39. (In Russ.)
25. Sandeep Varma V., Kanaka Durga K., Keshavulu K., Seed image analysis: its applications in seed science research, *International Research Journal of Agricultural Sciences*, 2013, Vol. 1 (2), pp. 30–36.
26. Kapadia V.N., Sasidharan N., Patil K., Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research, *Advances in Biotechnology and Microbiology*, 2017, Vol. 7, Iss. 2, pp. 1–3.
27. Granitto P.M., Verdes P.F., Ceccatto H.A., Large-scale investigation of weed seed identification by machine vision, *Comput. Electron. Agric.*, 2005, No. 47, pp. 15–24, DOI: 10.1016/j.compag.2004.10.003.
28. Pourreza A., Pourrezab H., Abbaspour-Farda M.H., Sadrniaa H., Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textural analysis with image processing, *Comput. Electron. Agric.*, 2012, No. 83, pp. 102–108, DOI: 10.1016/j.compag.2012.02.005.
29. Tanabata T., Shibaya T., Hori K., Ebana K., Yano M., SmartGrain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis, *Plant Physiol.*, 2012, No. 4, pp. 1871–1880, DOI: 10.1104/pp.112.205120.
30. Herridge R.P., Day R.C., Baldwin S., Macknight R.C., Rapid analysis of seed size in Arabidopsis for mutant and QTL discovery, *Plant Methods*, 2011, No. 7, p. 3, DOI: 10.1186/1746-4811-7-3.
31. Whan A.P., Smith A.B., Cavanagh C.R., Ral J. P.F., Shaw L.M., Howitt C.A. [et al.], GrainScan: a low cost, fast method for grain size and colour measurements, *Plant Methods*, 2014, No. 10, pp. 1, DOI: 10.1186/1746-4811-10-2310.4225/08/536302C43FC28.

32. Bai X.D., Cao Z.G., Wang Y., Yu Z.H., Zhang X.F., Li C.N., Crop segmentation from images by morphology modeling in the CIE L*a*b color space, *Comput. Electron. Agric.*, 2013, No. 99, pp. 21–34, DOI: 10.1016/j.compag.2013.08.022.
33. Wiesnerová D., Wiesner I., Computer image analysis of seed shape and seed color for flax cultivar description, *Comput. Electron. Agric.*, 2008, No. 61, pp. 126–135, DOI: 10.1016/j.compag.2007.10.001.
34. Chen X., Xun Y., Li W., Zhang J., Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identification, *Comput. Electron. Agric.*, 2010, No. 71, pp. 48–53, DOI: 10.1016/j.compag.2009.09.003.
35. Zapotoczny P., Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks, Part I, single kernel texture, *J. Cereal Sci.*, 2011, No. 54, pp. 60–68, DOI: 10.1016/j.jcs.2011.02.012.
36. Novaro P., Colucci F., Venora G., D'egidio M.G., Image analysis of whole grains: a noninvasive method to predict semolina yield in durum wheat, *Cereal Chem.*, 2001, No. 78, pp. 217–221, DOI: 10.1094/CCHEM.2001.78.3.217.
37. Tahir A.R., Neethirajan S., Jayas D.S., Shahin M.A., Symons S.J., White N.D.G., Evaluation of the effect of moisture content on cereal grains by digital image analysis, *Food Res. Int.*, 2007, No. 40, pp. 1140–1145, DOI: 10.1016/j.foodres.2007.06.009.
38. Sapirstein H.D., Neuman M., Wright E.H., Shweddyk E., Bushuk W., An instrumental system for cereal grain classification using digital image analysis, *J. Cereal Sci.*, 1987, No. 6, pp. 3–14, DOI: 10.1016/S0733-5210(87)80035-8.
39. Miller N.D., Haase N.J., Lee J., Kaeppler S. M., de Leon N., Spalding E.P., A robust, high-throughput method for computing maize ear, cob, and kernel attributes automatically from images, *Plant J.*, 2016, DOI: 10.1111/tpj.13320.
40. Sankaran S., Wang M., Vandemark G.J., Image-based rapid phenotyping of chickpeas seed size, *Eng. Agric. Environ. Food*, 2016, No. 9, pp. 50–55, DOI: 10.1016/j.eaef.2015.06.001.
41. Huang M., Wang Q.G., Zhu Q.B., Qin J.W., Huang G., Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies, *Seed Sci. Technol.*, 2015, No. 43, pp. 337–366, DOI: 10.15258/sst.2015.43.3.16.
42. Williams K., Munkvold J., Sorrells M., Comparison of digital image analysis using elliptic fourier descriptors and major dimensions to phenotype seed shape in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.), *Euphytica*, 2013, No. 190, pp. 99–116, DOI: 10.1007/s10681-012-0783-0.
43. Cervantes E., Martín J.J., Saadaoui E., Updated methods for seed shape analysis, *Scientifica*, 2016, 5691825, DOI: 10.1155/2016/5691825.
44. Jahnke S., Roussel J., Hombach T., Kochs J., Fischbach A., Huber G. [et al.], PhenoSeeder – a robot system for automated handling and phenotyping of individual seeds, *Plant Physiol.*, 2016, No. 172, pp. 1358–1370, DOI: 10.1104/pp.16.01122.
45. Roussel J., Geiger F., Fischbach A., Jahnke S., Scharf H., 3D surface reconstruction of plant seeds by volume carving: performance and accuracies, *Front. Plant. Sci.*, 2016, No. 7, pp. 745, DOI: 10.3389/fpls.2016.00745.
46. Strange H., Zwiggelaar R., Sturrock C., Mooney S.J., Doonan J.H., Automatic estimation of wheat grain morphometry from computed tomography data, *Funct. Plant Biol.*, 2015, No. 42, pp. 452–459, DOI: 10.1071/FP14068.
47. Friesen N., Fritsch R.M., Blattner F.R., Phylogeny and new infrageneric classification of Allium (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences, *Aliso*, 2006, No. 22, pp. 372–395.
48. Neshati F., Fritsch R.M., Seed characters and testa sculptures of some Iranian Allium L. species (Alliaceae), *Feddes Repert*, 2009, No. 120, pp. 322–332.
49. Fritsch R.M., Blattner F.R., Gurushidze M., New classification of Allium L. subg. Melanocrommyum (Webb & Berthel) Rouy (Alliaceae) based on molecular and morphological characters, *Phyton*, 2010, No. 49, pp. 145–220.
50. Fritsch R.M., Abbasi M., Taxonomic Review of Allium subg. Melanocrommyum in Iran, Germany, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben, 2013.

-
-
51. Ivanova M.I., Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R., Kashleva A.I., Seredin T.M., Razin O.A., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2019, T. 33, No. 5, pp. 47–50, DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511. (In Russ.)
 52. Bednorz L., Krzysińska A., Czarna A., Seed morphology and testa sculptures of some *Allium* L. species (Alliaceae), *Acta Agrobotanica*, 2011, Vol. 64 (2), pp. 33–38.
 53. Musaev F.B., Soldatenko A.V. [i dr.], *Agrofizika*, 2019, No. 1, pp. 38–44. (In Russ.)
 54. Musaev F.B., Prijatkin N.S., Arhipov M.V. [i dr.], *Kartofel' i ovoshhi*, 2018, No. 6, pp. 35–37. (In Russ.)
 55. Choi Hyeok Jae, Giussani Liliana M., Jang Chang Gee, Oh Byoung Un, Cota-Sánchez J. Hugo., Systematics of disjunct northeastern Asian and northern North American *Allium* (Amaryllidaceae), *Botany*, 2012, No. 90 (6), pp. 491–508, DOI:10.1139/b2012-031.
 56. Lazcano-Ramírez H.G., Gómez-Felipe A., Díaz-Ramírez D., Durán-Medina Y., Sánchez-Segura L., de Folter S., Marsch-Martínez N., Non-destructive Plant Morphometric and Color Analyses Using an Optoelectronic 3D Color Microscope, *Front. Plant Sci.*, 2018, No. 9, pp. 1409, DOI: 10.3389/fpls.2018.01409.
 57. Kasajima I., Measuring plant colors, *Plant Biotechnology*, 2019, No. 36, pp. 63–75, DOI: 10.5511/plantbiotechnology.19.0322a.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В.А. Полосина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В.К. Ивченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.П. Пучкова, кандидат биологических наук, доцент

С.И. Липский, аспирант

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Ключевые слова: фитопатогенные грибы, корневая гниль, сорняки, гербицид, отвальная обработка почвы, сидеральный рапсовый пар, *Alternaria sp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium sp.*

Реферат. Цель исследований – оценить влияние системы основной обработки почвы, предшественников и минеральных удобрений на фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерновых культур в зернопаропропашном севообороте. Исследования проведены в учебно-опытном хозяйстве «Миндерлинское» ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, расположенном в условиях Красноярской лесостепи. Установлено, что применение баковой смеси гербицидов (Пума Супер 100 + Секатор Турбо) в вариантах с традиционной отвальной основной обработки почвы (вспашка на 20 – 22 см) и без ее проведения на удобренном и неудобренном фонах оказывает значительный положительный эффект регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза. Самая высокая техническая эффективность применяемых гербицидов отмечена в варианте с отвальной обработкой (86–94 %) по сравнению с вариантом без ее проведения. Выявлено снижение заболеваемости подземных органов яровой пшеницы при размещении после сидерального рапсового пара в вариантах с отвальной вспашкой на 20–22 см и без проведения основной обработки почвы по сравнению с таким предшественником, как кукуруза. При размещении ячменя в качестве повторной зерновой культуры индекс развития корневых гнилей возрастает на 23,2 (вспашка, удобренный фон) и 37,5 % (вспашка, неудобренный фон). При отказе от обработки почвы эти цифры составляют соответственно 21,0 и 33,2 %, что в конечном счете сказывается на урожайности зерновых культур. Наибольшая биологическая урожайность зерна яровой пшеницы получена в варианте с отвальной вспашкой после сидерального рапсового пара. В варианте без основной обработки почвы урожайность зерна яровой пшеницы была выше на удобренном фоне при размещении посевов этой культуры после кукурузы.

THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE PHYTOSANITARY STATE OF CROPS AND THE YIELDS OF GRAIN CROPS

V.A. Polosina, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor

V.K. Ivchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

E.R. Puchkova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

S.I. Lipskiy, Ph.D. student

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Keywords: phytopathogenic fungi, root rot, weeds, herbicide, fallow cultivation, green rape, *Alternaria sp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium sp.*

Abstract. The study aims to assess the impact of the main tillage system, predecessors and mineral fertilizers on the phytosanitary condition of crops and grain yield in the grain fallow crop rotation. The authors researched the educational and experimental farm “Minderlinskoye” FSBEI HE Krasnoyarsk State Agrarian University, located in the Krasnoyarsk forest-steppe conditions. It was found that the application of the herbicide tank mixture (preparations Puma Super 100 + Sekator Turbo) has a significant positive effect on the regulatory impact on the weed component of agrophytocenosis. The authors established the effect in variants with traditional moldboard main tillage (plowing at 20 - 22 cm) and without it in fertilized and unfertilized backgrounds. The highest technical efficiency of the herbicides applied was observed in the moldboard treatment variant (86-94%) compared to the

non-treatment variant. The authors revealed a decrease in the damage to the underground organs of spring wheat when placed after green manure rapeseed fallow in options with moldboard plowing by 20–22 cm and without basic tillage compared to such a predecessor as corn. The index of root rot development increases by 23.2% (plowing, fertilized background) and 37.5% (plowing, unfertilized background) when barley is placed as a second grain crop. These figures are 21.0% and 33.2% for no-tillage, which ultimately affects the yield of grain crops. The highest biological yield of spring wheat grain was obtained in the variant with moldboard plowing after green manure rapeseed fallow. The grain yield of spring wheat was higher in the variant without basic tillage on the fertilized background when placing crops of this crop after corn.

В настоящее время наблюдается массовый переход на ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур, и поэтому особую значимость приобретают вопросы повышения эффективности влияния системы основной обработки почвы на засоренность посевов сельскохозяйственных культур [1].

Это обусловлено, прежде всего, тем, что помимо прямого негативного влияния на урожайность культур сорняки являются резерваторами болезней и вредителей и способствуют массовому их развитию, а впоследствии и поражению посевов [2, 3].

Минимизация основной обработки почвы в сочетании с применением минеральных удобрений может увеличивать засоренность посевов и почвы, в связи с чем появляется потребность в применении агротехнических и химических мер борьбы. При этом необходимо помнить о здоровье почвы, сохранении биологического разнообразия благодаря рациональному использованию средств защиты растений и поддержанию автохтонной полезной микробиоты с помощью биологических методов [4, 5]. Возрастающая интенсификация возделывания зерновых культур вызывает необходимость поиска путей оптимизации технологий их возделывания, при которых возбудители грибных болезней развивались бы в меньшей степени [6, 7].

Уровень производства зерна яровой пшеницы во многом зависит от корневых гнилей, ежегодно снижающих продуктивность культуры на 25% и более [8]. Известно, что поражение корневыми гнилями происходит в течение всего вегетационного периода, причем негативному воздействию подвергаются как озимые, так и яровые зерновые культуры.

Введение фитосанитарных севооборотов позволяет очищать посевы от вредных почвенных организмов, особенно возбудителей корневых гнилей. Наиболее эффективным и быстродействующим является использование в севооборотах зеленого удобрения, которое способно при однократном применении в сочетании с фосфорным удобрением произвести практически полное оздоровление почв [9].

Биологическая эффективность фитосанитарных предшественников (рапс, горох, пар) по сравнению с зерновым при этом значительно возрастает [10, 11].

К основным источникам возбудителей корневой гнили следует отнести почву, зараженные семена и растительные остатки [12]. Недобор зерна в России по этой причине достигает 25 млн т зерна. За последние годы величина среднегодовых потерь составляет 18,3 млн т [13].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в полевом стационарном опыте в учебно-опытном хозяйстве «Миндерлинское» ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ.

Объекты исследования – яровая пшеница сорта Новосибирская 15 и ячмень сорта Ача.

Почва полевого опыта – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава с повышенным содержанием гумуса (6,1–8,0 %) и нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 6,1–7,0).

Чередование культур в севообороте: сидеральный пар – яровая пшеница – ячмень – кукуруза – яровая пшеница.

Варианты полевого опыта: 1. Вспашка на 20–22 см. 2. Без основной обработки почвы.

Повторность в опыте – четырехкратная. Срок посева зерновых культур – третья декада мая.

Яровую пшеницу и ячмень высевали по двум фонам – без удобрений и удобренный (аммиачная селитра в дозе 34,7 кг/га д.в.). Общая площадь делянки – 1700 м², учетная – 40 м².

На посевах зерновых культур применяли гербициды фирмы ООО «Байер» – Пума Супер 100 + Секатор Турбо на посевах яровой пшеницы (0,75 + 0,075 л/га) и Пума Супер 7,5 + Секатор Турбо на ячмене (0,8 + 0,075 л/га). Для предпосевной обработки семян применялся Алькасар, КС.

Учет засоренности посевов зерновых культур проводили количественным ме-

тодом [14]. Распространение и развитие болезней зерновых культур определяли в сроки, установленные стандартными методиками и оценивали в соответствии со шкалами (балл, процент), рекомендованными ВНИИЗР. Фитоэкспертизу семян проводили методом влажных рулонов [15]. Структуру урожая определяли перед уборкой зерновых культур по методике Госсорткомиссии [16]. Биологическую урожайность рассчитывали на основании результатов определения структуры урожая. Математическую обработку проводили стандартными методами классической статистики [17]. Статистическую обработку урожайных данных выполняли методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова [18].

ООО «Учебно-опытное хозяйство «Миндерлинское» расположено в Красноярской лесостепи и характеризуется резко-континентальным климатом. Максимальное количество атмосферных осадков выпадает в летний период.

Годы исследований (2018-й и 2019-й) можно охарактеризовать как аномальные. Среднемесячная температура воздуха на 3,5 °С превышала среднеголетние показатели. Комбинированная засуха в вегетационные

периоды оказала негативное влияние на рост и развитие зерновых культур, распространение сорняков и болезней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Самая высокая техническая эффективность гербицидов установлена в варианте с отвальной обработкой почвы как на посевах яровой пшеницы, так и на посевах ячменя по сравнению с вариантом без проведения основной обработки почвы (нулевая обработка).

Установлено, что из малолетних сорняков в посевах встречались чаще всего такие злаковые, как просо сорное (*Panicum miliaceum* var. *ruderales* Kitag.), а также подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), конопля сорная (*Cannabis ruderalis* Janish.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.). Многолетние сорные растения были представлены вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis* L.), бодяком щетинистым, или осотом розовым (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.).

Применение гербицидов в исследуемых вариантах показало высокую эффективность (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность гербицидов в посевах зерновых культур (в среднем за два года)

The Efficiency of Herbicides in Crops (Average over two years)

Вариант	Яровая пшеница после сидерального пара			Ячмень после яровой пшеницы		
	засоренность, шт/м ²		техническая эффективность применения гербицида, %	засоренность, шт/м ²		техническая эффективность применения гербицида, %
	до применения гербицида	через 30 дней после применения		до применения гербицида	через 30 дней после применения	
Отвальная вспашка	71	4	94	102	14	86
Без основной обработки почвы	155	45	71	169	57	66

Снижение эффективности препаратов в варианте без основной обработки почвы обусловлено наличием на ее поверхности послеуборочных растительных остатков, а также более поздним появлением многолетних сорняков в посевах культурных растений.

Оценивая предшественники яровой пшеницы по их влиянию на развитие корневых гнилей, можно отметить, что заболеваемость данной культуры при размещении после сидерального рапсового пара в изучаемых вариантах снижается по сравнению с таким предшественником, как кукуруза.

При размещении ячменя в качестве вторичной зерновой культуры индекс развития корневых гнилей возрастает на 23,2 (вспашка, удобренный фон) и 37,5 % (вспашка, неудобренный фон). При отказе от обработки почвы эти цифры составляют соответственно 21,0 и 33,2 % (рис. 1).

Внесение азотных удобрений под яровую пшеницу, размещаемую после сидерального пара, приводит к увеличению развития болезни в вариантах с основной обработкой почвы на 3,8–7,5 % по сравнению с неудобренным фоном. Развитие болезни проявилось в меньшей степени на растениях яровой пшеницы,

высеваемой после кукурузы в тех вариантах, где проводилась вспашка на 20–22 см.

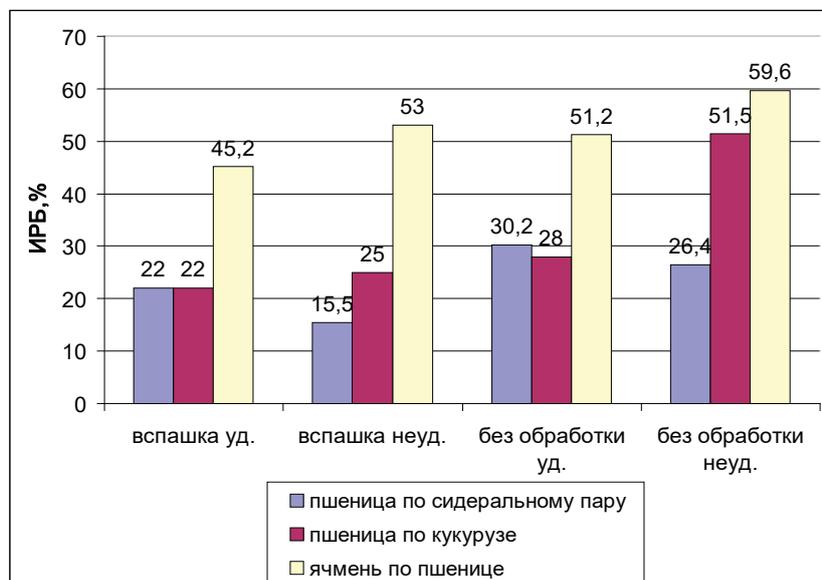


Рис. 1. Индекс развития корневых гнилей на подземных органах зерновых культур (статистически значимые различия на уровне $P < 0.05$), %

Fig. 1. Index of development of root rots on underground organs of grain crops (statistically significant differences at $P < 0.05$), %

Установлено, что самые высокие значения индекса развития болезни отмечены на посевах ячменя (предшественник яровая пшеница) по сравнению с посевами – яровой пшеницы.

После уборки урожая зерновых культур была проведена фитоэкспертиза семян методом влажных рулонов. Наибольшая зараженность отмечена в варианте без обработки почвы на удобренном фоне, которая составила 44 и 48 % соответственно как при размещении яровой пшеницы после кукурузы, так и после сидерального пара. При этом во

всех вариантах опыта преобладали представители фитопатогенных грибов *Alternaria* sp. В меньшей степени выявлена зараженность семян такими патогенами, как *Bipolaris* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. и прочими возбудителями (рис. 2).

В последние годы наблюдается значительное увеличение пораженности зерна грибами *Alternaria* spp. Суммарная зараженность видами *Alternaria* (по Ф.Б. Ганнибалу) колеблется в пределах от 20 до 50%, а в отдельных случаях достигает 90% [19].

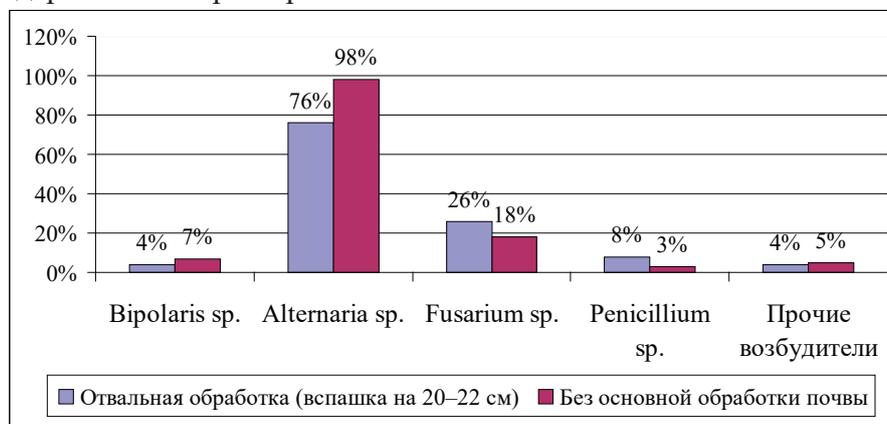


Рис. 2. Состав микромицетов на семенах при разных системах основной обработки почвы

Fig. 2. The composition of micromycetes on seeds under different systems of basic tillage

Внесение азотных удобрений во втором варианте (без основной обработки почвы) приводит к большей зараженности семян патогенами как на первой зерновой культуре (яровая пшеница), так и на повторной (ячмень). И только при проведении отвальной вспашки зараженность яровой пшеницы при размещении первым посевом на удобренном фоне меньше или равна той, которая характерна для удобренного фона.

Биологическая урожайность яровой пшеницы была выше, чем ячменя (табл. 2). При этом максимальный продуктивный стеблестой отмечен у яровой пшеницы, высеваемой после сидерального пара (отвальная вспашка) как на удобренном фоне, так и на удобренном – 413 и 400 шт/м² соответственно, что, безусловно, отразилось на увеличении урожайности яровой пшеницы в этом варианте.

Таблица 2

Биологическая урожайность зерновых культур (в среднем за 2018–2019 гг.)

The biological yield of grain crops (Average for 2018–2019)

Вариант	Фон	Продуктивных колосьев, шт/м ²	Озерненность колоса, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность биологическая, ц/га
Вспашка на 20–22 см, пшеница по сидеральному пару	Удобренный	413,0	32,5	32,8	44,0
	Без удобрений	400,0	29,0	32,2	37,4
Без основной обработки, пшеница по сидеральному пару	Удобренный	351,0	32,0	32,6	36,6
	Без удобрений	334,0	29,0	31,0	30,0
Вспашка на 20–22 см, пшеница по кукурузе	Удобренный	340,0	32,0	34,6	37,6
	Без удобрений	357,0	27,0	31,7	30,6
Без основной обработки, пшеница по кукурузе	Удобренный	377,0	34,0	33,6	43,1
	Без удобрений	332,0	29,0	32,4	31,2
Вспашка на 20–22 см, ячмень	Удобренный	405,0	20	45,6	36,9
	Без удобрений	341,0	19	45,0	29,2
Без основной обработки, ячмень	Удобренный	380,0	19	47,0	33,9
	Без удобрений	263,0	19	48,1	24,0
НСР (5%, для частных средних)		82,049	1,751	1,405	1,455

При отказе от вспашки яровая пшеница после сидерального пара показала снижение такого показателя, как число продуктивных стеблей, по сравнению с первым вариантом. Показатели же массы 1000 зерен практически не изменились.

Посевы яровой пшеницы после кукурузы в варианте без обработки почвы отличаются повышенным продуктивным стеблестоем на удобренном фоне и более высокой озерненностью колоса по сравнению с аналогичными посевами этой культуры в варианте с отвальной основной обработкой почвы.

Влияние удобренности фона приводит к достоверному увеличению озерненности колоса в варианте с размещением яровой пшеницы после кукурузы на вспашке и без обработки почвы. Фактор обработки почвы в меньшей степени повлиял на озерненность

колоса. Масса 1000 зерен на удобренном фоне также возрастает по сравнению с удобренным.

Тенденция к увеличению продуктивного стеблестоя в варианте с посевом яровой пшеницы по сидеральному пару (вспашка на 20–22 см) приводит к наибольшей биологической урожайности. При отказе от обработки почвы лучшим предшественником для яровой пшеницы была кукуруза. В этом случае урожайность яровой пшеницы возросла на 6,5 ц/га (удобренный фон) по сравнению с сидеральным паром.

Урожайность ячменя (отвальная вспашка) была ниже по сравнению с яровой пшеницей после сидерального пара на 7,1 ц/га на удобренном фоне и на 8,2 ц/га на фоне без применения удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее высокая техническая эффективность баковой смеси гербицидов Пума Супер100 + Секатор Турбо и Пума Супер75 + Секатор Турбо в борьбе с сорными растениями установлена по фону отвальной обработки почвы как на посевах яровой пшеницы, так и на посевах ячменя.

2. В варианте с отвальной вспашкой развитие корневых гнилей у яровой пшеницы по сидеральному пару снижается на 8,2 (удобренный фон) и 10,9 % (неудобренный фон) по сравнению с вариантом без проведения основной обработки почвы.

3. Самая высокая разница индекса развития болезни отмечена на посевах ячменя (вспашка – на 23,2–37,5 %, без обработки – на 21,0–33,2%) по сравнению с посевами яровой пшеницы после сидерального пара.

4. Максимальная зараженность семян яровой пшеницы патогенами отмечена в варианте без основной обработки почвы (удобренный фон) при размещении яровой пшеницы как после сидерального пара, так и после кукурузы по сравнению с аналогичным фоном отвальной вспашки.

5. Посевы яровой пшеницы, высеваемой после сидерального пара, отличались наибольшим продуктивным стеблестоем в варианте с традиционной отвальной основной обработкой почвы на удобренном фоне – (413 шт.), что положительно сказалось на уровне биологической урожайности яровой пшеницы. Наименьший продуктивный стеблестой сформировался на посевах ячменя в варианте без основной обработки почвы на фоне без применения минеральных удобрений – 263 шт/м². В этом же варианте установлена самая низкая урожайность зерна ячменя, которая составила 24,0 ц/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ermakova A.M., Demina K.A., Nurullina T.S. Resource-saving technologies – the basis of effective enterprise activity // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – Vol. 723. – P. 042027.
2. Mikhailova Z.I., Puchkova E.P., Martynova O.V. Harmfulness of the awweed plant *Cirsium arvense* and spring wheat productivity after herbicides application // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 548. – P. 042010. – DOI:10.1088/1755-1315/548/4/042010.
3. Сибикеева Ю.Е., Борисов С.Ю. Сорняки – союзники грибов-фитопатогенов // Защита и карантин растений. – 2013. – № 3. – P. 54–56.
4. Ланкина Е.П., Петрушкина С.А., Хижняк С.В. Влияние психротолерантных штаммов бактерий-антагонистов UOZK2 и UOZK7 на структуру бактериального сообщества в ризосфере яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8 (95). – С. 84–87.
5. Здоровье почвы агроценозов как атрибут ее качества и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам / М.В. Соколов, А.И. Марченко, С.С. Санин, Е.Ю. Торопова, В.А. Чулкина, А.Ф. Захаров // Известия ТСХА. – 2009. – Вып. 1. – С. 13–21.
6. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, А.С. Филиппов, Т.А. Козлова // Земледелие. – 2020. – № 5. – С. 41–45.
7. Energy Optimization in Different Production Technologies of Winter Triticale Grain / W. Szempliński, B. Dubis, K.M. Lachutta, K.J. Jankowski // Energies. – 2021. – Vol. 14(4). – P. 1003.
8. Селюк М.П. Влияние агроэкологических факторов на развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – / Новосибирск, 2017. – 149 с.
9. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитотиологические основы систем защиты растений / под ред. В.А. Чулкиной. – Новосибирск, 2002. – 580 с.
10. Фитосанитарные последствия приемов обработки почвы в лесостепи Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, М.П. Селюк, Л.В. Юшкевич, А.Ф. Захаров // Растениеводство, селекция и семеноводство. – 2012. – № 3 (28). – С. 86–91.
11. Агротехнологии и развитие корневой гнили на яровой пшенице в лесостепи Омской области / А.В. Ломановский, И.А. Корчагина, Л.В. Юшкевич, А.И. Малинина // Вестник ОмГАУ. – 2016. – № 4(24). – С. 26–33.

12. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы / Е.Ю. Торопова, И.Г. Воробьева, Г.Я. Стецов, О.А. Казакова, А.А. Кириченко // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – № 6. – С. 25–32.
13. Буга С.Ф. Роль протравливания семян // Защита и карантин растений. – 2004. – № 3. – С. 21.
14. Туликов А.М. Методы картирования и учета сорно-полевой растительности. – М.: ТСХА, 1974. – 47 с.
15. ГОСТ 12044-93 Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. – М., 2011.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 195 с.
17. Хижняк С.В., Пучкова Е.П. Математические методы в агроэкологии и биологии: учебное пособие. – Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2019. – 240 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
19. Козулина Н.С., Курносенко О.А. Влияние сорта и способов обработки почвы на устойчивость яровой пшеницы к болезням в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 5. – С. 144–150.

REFERENCES

1. Ermakova A.M., Demina K.A., Nurullina T.S., Resource-saving technologies – the basis of effective enterprise activity, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021, Vol. 723, pp. 042027.
2. Mikhailova Z.I., Puchkova E.P. and Martynova O.V. Harmfulness of the awweed plant *Cirsium arvense* and spring wheat productivity after herbicides application, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 548, pp. 042010, DOI:10.1088/1755-1315/548/4/042010.
3. Sibikeeva Yu.E., Borisov S.Yu., *Zashchita i karantin rasteniy*, 2013, No. 3, pp. 54–56. (In Russ.)
4. Lankina E.P., Petrushkina S.A., Khizhnyak SV., *Vestnik KrasGAU*, 2014, No. 8 (95), pp. 84–87. (In Russ.)
5. Sokolov M.V., Marchenko A.I., Sanin S.S., Toropova E.Yu., Chulkina V.A., Zakharov A.F., *Izvestiya TSKhA*, 2009, Vol. 1, pp. 13–21. (In Russ.)
6. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Filippov A.S., Kozlova T.A., *Zemledelie*, 2020. No. 5, pp. 41–45. (In Russ.)
7. Szempliński W., Dubis B., Lachutta K.M., Jankowski K.J., Energy Optimization in Different Production Technologies of Winter Triticale Grain, *Energies*, 2021, Vol. 14(4), pp. 1003.
8. Selyuk M.P., *Vliyanie agroekologicheskikh faktorov na razvitie kornevoy gnili yarovoy pshenitsy v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Influence of agroecological factors on the development of spring wheat root rot in the southern forest-steppe of Western Siberia), Dissertation for the degree of candidate of biological sciences, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, 2017, 149 p.
9. Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Chulkina V.A., *Epifitotologicheskie osnovy sistem zashchity rasteniy* (Epiphytological foundations of plant protection systems), Novosibirsk, 2002, 580 p.
10. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Yushkevich L.V., Zakharov A.F., *Rasteniyevodstvo, selektsiya i semenovodstvo*, No. 3 (28), 2012, pp. 86–91. (In Russ.)
11. Lomanovsky A.V., Korchagina I.A., Yushkevich L.V., Malinina A.I., *Vestnik OmGAU*, No. 4 (24), 2016, pp. 26–33. (In Russ.)
12. Toropova E.Yu., Vorobyeva I.G., Stetsov G.Ya., Kazakova O.A., Kirichenko A.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, No. 6, pp. 25–32. (In Russ.)
13. Buga S.F., *Zashchita i karantin rasteniy*, 2004, No. 3, pp. 21. (In Russ.)
14. Tulikov A.M., *Metody kartirovaniya i ucheta sorno-polevoy rastitel'nosti* (Methods of account and mapping of field weeds), Moscow: МТАА, 1974, 47 p.

15. GOST 12044-93, *Interstate standard. Seeds of agricultural crops. Methods for determining infection with diseases* (Agricultural seeds. Methods for determination of disease infestation), Moscow, 2011.
16. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vyp. 2: Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury, Goskomissiya po sortoispytaniyu sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops. Vol. 2. Cereals, legumes, corn and fodder crops, State Commission for Variety Testing of agricultural crops), Moscow, 1989, 195 p.
17. Khizhnyak S.V., Puchkova E.P., *Matematicheskie metody v agroekologii i biologii* (Mathematical methods in agroecology and biology), Krasnoyarsk: Izd-vo Krasnoyar. gos. agrar. un-ta, 2019, 240 p.
18. Dospikhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
19. Kozulina N.S., Kurnosenko O.A., *Vestnik KrasGAU*, 2015, No. 5, pp. 144–150. (In Russ.)

МЕТОД ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ УВЛАЖНЁННЫХ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

¹**А.В. Чжан**, доктор физико-математических наук, профессор

²**Н.А. Дрокин**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

³**Н.М. Ничкова**, старший преподаватель

³**Ж.М. Мороз**, кандидат физико-математических наук, доцент

¹*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия*

²*Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия*

³*Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Россия*

E-mail: avchz@mail.ru

Ключевые слова: зерно, импеданс, влажность, проводимость, диэлектрическая проницаемость.

Реферат. Представлены результаты исследования электрических и диэлектрических характеристик увлажнённых зёрен пшеницы методом измерений их комплексного электрического сопротивления (импеданса Z) в широком диапазоне частот (от 1 Гц до 100 МГц). Результаты измерений электрического импеданса зерна с поверхностным или объёмным содержанием влаги в разных условиях эксперимента могут дать полезную информацию о свойствах биологических тканей зерновых культур и использоваться для разработки нового типа импедансных датчиков для тестирования качества зерна и его влажности. В качестве объекта исследований использовались хорошо высушенные зёрна пшеницы и зёрна, насыщенные влагой и солевым раствором. Серьёзной проблемой при измерениях импеданса зёрен является выбор подходящего материала электродов, накладываемых на торцевые поверхности образцов. Электроды должны обеспечивать надёжный контакт с зерном и обладать минимальным переходным сопротивлением. Для исключения поперечной деформации торцевые поверхности прессованных образцов укрепляли защитным диэлектрическим кольцом. Такие контакты обеспечивали переходное сопротивление в пределах 1–2 Ом. В области низких частот выявлены процессы накопления электрических зарядов вблизи поверхности металлических электродов и на внутренних структурах зерна, приводящие к увеличению диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь. В области более высоких частот поведение активной и реактивной компонент импеданса определяется процессами диэлектрической релаксации. Полученные спектры импеданса сопоставлялись со спектрами наиболее подходящих эквивалентных электрических схем, радиотехнические компоненты которых позволяют понять основные механизмы прохождения переменного электрического тока через сложную неоднородную структуру зерна. Установлено, что увлажнение зерна подсолённой водой усиливает процесс накопления электрических зарядов и влияет на дисперсию действительной и мнимой компонент импеданса.

IMPEDANCE SPECTROSCOPY METHOD FOR TESTING MOISTENED WHEAT GRAIN CROPS

¹**A.V. Zhan**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

²**N.A. Drokin**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher

³**N.M. Nichkova**, Senior Lecturer

³**Zh.M. Moroz**, Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

¹*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia*

²*Institute of Physics named after L.V. Kirensky Siberian Branch of RAS, Krasnoyarsk, Russia*

³*Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - Branch of Irkutsk State University of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russia*

E-mail: avchz@mail.ru

Keywords: grain, impedance, moisture, conductivity, dielectric constant.

Abstract. The authors presented the results of a study of the electrical and dielectric characteristics of wetted wheat grains by measuring their complex electrical resistance (impedance Z) in a wide frequency range (from 1

Hz to 100 MHz). The results of electrical impedance measurements of grains with surface or volumetric moisture content under different experimental conditions can provide useful information on the properties of the biological tissues of grain crops. These results can also be used to develop a new type of impedance sensor for testing grain quality and moisture content. The authors used well-dried wheat grains and grains saturated with moisture and saline as objects of research. A major problem in grain impedance measurements is the selection of a suitable electrode material to be placed on the end surfaces of the samples. The electrodes must ensure reliable contact with the grain and have a minimum transient resistance. The end surfaces of the pressed samples were reinforced with a protective dielectric ring to prevent transverse deformation. These contacts provided a transition resistance between 1-2 ohms. The authors have identified processes of accumulation of electric charges near the surface of metal electrodes at low frequencies and on internal grain structures, leading to an increase in the dielectric permittivity and dissipation factor. The behavior of the active and reactive components of the impedance at higher frequencies is determined by dielectric relaxation processes. The obtained impedance spectra were compared with the spectra of the most suitable equivalent electrical circuits. The radio components of the circuits provide information about the basic mechanisms of alternating electric current flow through the complex inhomogeneous structure of the grain. The authors found that moistening the grain with saline water enhances the process of accumulation of electric charges and affects the dispersion of the real and imaginary components of the impedance.

Одним из главных элементов, определяющих жизнедеятельность биологических систем, в частности семян и других растительных культур, является вода, находящаяся на их поверхности и в объёмных структурах. Влажность – это важнейший показатель качества зерна как в пищевой промышленности, так и при его хранении и посеве. В свою очередь, содержание влаги в зерне зависит от сорта зерновой культуры, внутренней плотности зерна и качества воды. Влажность характеризует также количество питательных веществ в зерне и его пригодность к потреблению и переработке. При достижении зерном критической влажности процессы жизнедеятельности в зерне (дыхание, прорастание и т. п.) начинают нарастать, и активно развиваются микроорганизмы. Влажное, а тем более сырое зерно при хранении теряет посевные и пищевые достоинства. Влага, попав на поверхность зерна, в дальнейшем может проникнуть и внутрь зерна, образуя более сильную структурную связь, которая может длительное время сохраняться в областях зерна, наиболее богатых белками и крахмалом. На поверхности зерна влага обычно заполняет микрокапилляры и удерживается молекулярными силами. Эта влага может быть удалена при тепловой обработке (сушке) зерна [1, 2]. Зерно хорошо хранится в сухом состоянии, при этом в нем практически отсутствует свободная влага. Вся внутренняя вода связана с гидрофильными коллоидами зерна.

Граница влажности, при которой в зерне появляется свободная вода, зависит от химического состава, культуры и от ее анатомического строения. Для определения этой границы и поддержания в зерне необходимого количества влаги, как в связанном, так и в свободном состоянии, российский и зарубежный

рынок предлагает различные технические средства контроля влажности зерна. Наиболее популярные влагомеры основаны на измерениях электрических потенциалов семян, электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости (ДП) [3–5]. Тем не менее остаётся много вопросов о точности измерений и реальной влажности зерна, так как на практике в измерительных ячейках находится воздушно-зерновая смесь [4]. Особенно большие ошибки измерений могут возникать при наличии в образце адсорбированной воды с содержанием даже незначительного количества обычной или минеральной соли и других ионных примесей. Это требует дальнейшего развития не только технических средств определения общей влажности, но и более подробного изучения физических свойств как свободной, так и связанной воды во внутренних структурах зерна.

В данной работе представлены результаты исследования электрических и диэлектрических характеристик увлажнённых зёрен пшеницы методом измерений их комплексного электрического сопротивления (импеданса Z) в широком диапазоне частот. Этот метод основан на регистрации протекающего через образец переменного электрического тока и фиксации сдвига фазы (φ) между током и напряжением в диапазоне частот от нескольких долей герц до десятков и сотен мегагерц. Полученные данные позволяют рассчитать дисперсию действительной и мнимой компонент комплексной диэлектрической проницаемости, комплексной электрической проводимости, определить характерное время электрической релаксации и другие электрофизические характеристики зерна. Прохождение электрического тока через такой образец всегда можно сопоставить с аналогичным

протеканием тока через определённые модели электрических $R-L-C$ -схем, радиотехнические элементы которых в некоторой степени отражают внутренние свойства исследуемого материала. Метод импеданса в настоящее время широко применяется не только в науке [6, 7] и технике, но и для изучения биологического строения некоторых сельскохозяйственных, животных и растительных объектов [8–10].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной работе в качестве объекта исследований использовались хорошо высушенные зёрна пшеницы и зёрна, насыщенные влагой и солевым раствором. Исходная партия взятых из хранилища зерен выдерживалась при комнатной температуре в течение месяца, а затем проводилось их насыщение влагой путём увлажнения поверхности зёрен при комнатной температуре. Влажность образцов оценивалась по разнице в массе между исходными и подвергнутыми воздействию влаги зёрнами. Подготовленные к исследованиям зёрна в количестве 5–7 штук помещали в стальную пресс-форму и сжимали под давлением 40 МПа для уменьшения воздушных промежутков между ними. В результате создавались плотные образцы цилиндрической формы диаметром 10,6 мм и толщиной от 1,25 до 2,27 мм.

Серьёзной проблемой при измерениях импеданса зёрен является выбор подходящего материала электродов, накладываемых на торцевые поверхности образцов. Электроды должны обеспечивать надёжный контакт с зерном и обладать минимальным переходным сопротивлением. В данном эксперименте использовались электроды из алюминиевой фольги или тонко раскатанного индия, которые прижимали к торцевым поверхностям образца миниатюрной струбиной. Для исключения поперечной деформации торцевые поверхности прессованных образцов укрепляли защитным диэлектрическим кольцом. Такие контакты обеспечивали переходное сопротивление в пределах 1–2 Ом.

Измерительная ячейка с образцами зерна при комнатной температуре подключалась к анализаторам спектров Elns 1500J или Agilent E5061B, которые позволяют регистрировать проходящий через образец переменный электрический ток и сдвиг фазы между током и напряжением φ° . Затем программно рассчитывается комплексный электрический

импеданс $Z^* = U \cdot \sin(\omega t) / J \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ (Ом) и вместе с фазой φ° выводится на внешний носитель информации в диапазоне частот от 0,1 Гц до 100 МГц. Подаваемое на электроды измерительной ячейки переменное напряжение составляло величину $U_{ac} = 0,25$ В. В эксперименте эти данные использовались для дальнейших расчётов действительной и мнимой составляющих импеданса $Z'(f) = Z^*(f) \times \cos \varphi(f)$ и $Z''(f) = Z^*(f) \sin \varphi(f)$, которые позволяют определять частотные зависимости удельной проводимости (σ') и (σ''), действительной (ϵ') и мнимой (ϵ'') компонент диэлектрической проницаемости, частотно-зависимую ёмкость (C), сопротивление (R) и

$$\sigma'(\omega) = Y'(\omega) \frac{d}{S}, \sigma''(\omega) = Y''(\omega) \frac{d}{S}; \quad (1)$$

$$\epsilon'_{eff}(\omega) = \frac{-Z''(\omega)}{\omega C_0 \left(Z'^2(\omega) + Z''^2(\omega) \right)}, \quad (2)$$

$$\epsilon''_{eff}(\omega) = \frac{Z'(\omega)}{\omega C_0 \left(Z'^2(\omega) + Z''^2(\omega) \right)};$$

$$C(\omega) = \frac{-Z''(\omega)}{\omega R(\omega) Z'(\omega)}, \quad (3)$$

$$R(\omega) = Z'(\omega) \cdot \left(1 + \left(\frac{-Z''(\omega)}{Z'(\omega)} \right)^2 \right),$$

тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta = Z'(f) / -Z''(f)$ с применением следующих соотношений:

где ω – круговая частота; S – площадь обкладок конденсатора; d – толщина образца; $Y' = 1/Z'$, $Y'' = 1/Z''$ – действительные и мнимые компоненты адмиттанса; C_0 – геометрическая ёмкость измерительной ячейки. Относительная погрешность измерений импеданса находилась в пределах 3–5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В начале эксперимента тестировалось хорошо просушенное зерно, статическое электрическое сопротивление которого превышало $R > 10^8$ Ом. Это зерно можно отнести к классу диэлектриков, поэтому его тестирование проводилось индивидуально с применением высокоомного моста E7-8 и Q-метров Tesla BM-560 и BM 409G. На нескольких фиксированных частотах измерялись ёмкость

и добротность измерительной ячейки с зерном, а затем рассчитывались действительная

и мнимая компоненты ДП. Результаты таких измерений приведены на рис. 1.

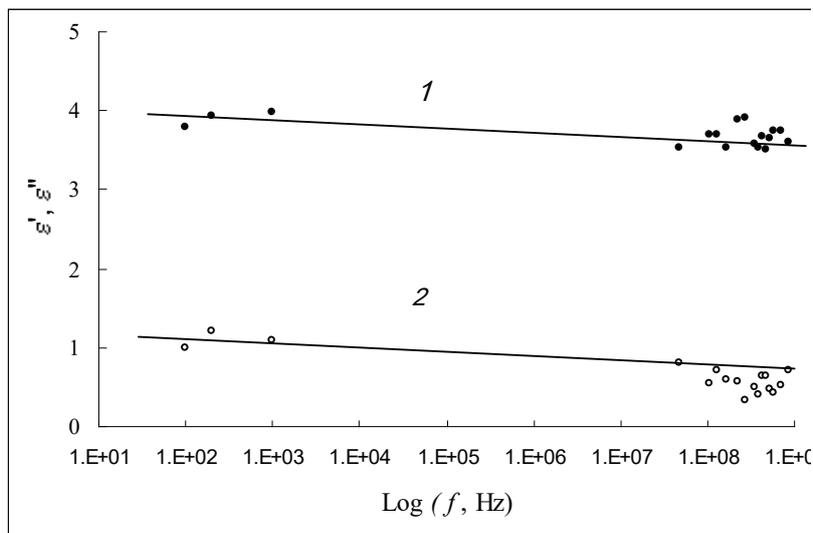


Рис. 1. Частотная зависимость действительной (1) и мнимой (2) компонент диэлектрической проницаемости сухого зерна

Fig. 1. Frequency dependence of real (1) and imaginary (2) components of dry grain permittivity

Как видно, полученные значения действительной компоненты ДП (1) сухого зерна в области низких и высоких частот находятся в пределах $\epsilon' = C_x / C_0 = 3,9 - 3,7$, а мнимая компонента ДП (2) имеет величину $\epsilon'' = 1,2 - 0,5$. Рассчитанные значения тангенса угла потерь $\text{tg } \delta = \epsilon'' / \epsilon'$ меняются с возрастанием частоты от 0,8 до 0,3. Возможно, что достаточно высокие диэлектрические потери в сухом зерне возникают из-за наличия в нём некоторого количества связанной воды.

На рис. 2 приведены экспериментально измеренные спектры модуля импеданса (1) и фазы (2) для образца зерна, насыщенного влагой. Пунктирными линиями (3) и (4) показаны результаты расчетов импеданса и фазы наиболее простой радиотехнической (RC) модели зерна. Эта модель содержит некоторую усреднённую постоянную ёмкость – моделирующую ячейку с образцом $C = 6 \times 10^{-13} \text{ Ф}$, и параллельно включенный резистор $R = 1,8 \times 10^7 \text{ Ом}$, моделирующий сопротивление образца.

Рис. 2. Дисперсия импеданса (1) и фазы (2) образца зерна, насыщенного влагой.

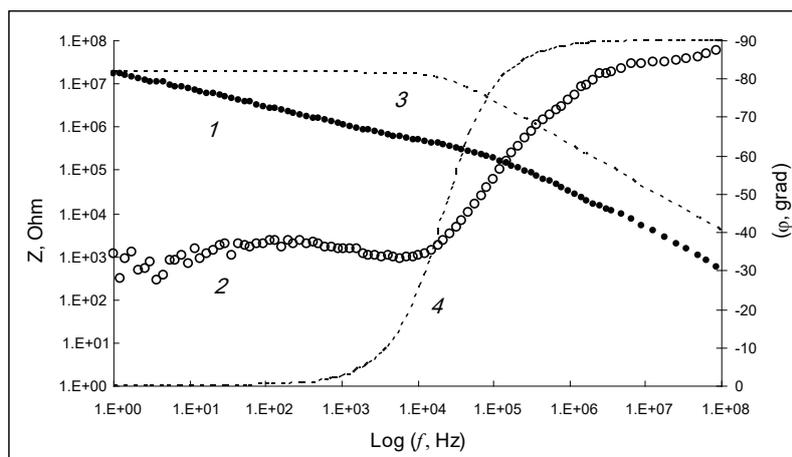


Рис. 2 Пунктирные линии (3) и (4) – расчёт импеданса и фазы параллельной RC- эквивалентной схемы

Fig. 2. Dispersion of impedance (1) and phase (2) of a grain sample saturated with moisture. Dashed lines (3) and (4) Calculation of the impedance and phase of the equivalent parallel RC circuit

Как видно из рисунка, такая упрощённая резистивно-ёмкостная модель зерна не согласуется с экспериментом. Наиболее сильное отличие от эксперимента выявляется в частотной зависимости сдвига фазы (ϕ), которая при понижении частоты стремится к нулю. Однако в эксперименте фазовый угол (ϕ) не опускается ниже -30° даже на предельно низких частотах. Такое поведение активной и реактивной компонент импеданса, как правило, наблюдается в некоторых неоднородных по структуре проводящих композитах, ионных соединениях и электролитах. В этих материалах в электрическом поле возникает неравновесное распределение зарядов, которые могут скапливаться вблизи поверхности металлических электродов или на структурных неоднородностях в объёме материала. В результате происходит нарушение однородности внутренних электрических полей и возникает самопроизвольная диффузия зарядов. Такое anomalous поведение импеданса и фазы наблюдается обычно на низких частотах. По-видимому, в увлажнённом зерне в переменном низкочастотном электрическом поле также происходит неравновесное перераспределение зарядов вблизи поверхности и, воз-

можно, во внутренней структуре зерна, что и приводит к экспериментально регистрируемой на рис. 2 дисперсии импеданса и фазы.

В методе импедансной спектроскопии появление неравновесного распределения электрических зарядов во многих образцах хорошо тестируется методом построения годографа импеданса, который представляет собой функциональную зависимость мнимой компоненты импеданса $Z''(\omega)$ от действительной $Z'(\omega)$ компоненты [10]. Для простой однородной RC -модели данного увлажнённого зерна ($R=1,8 \times 10^7$ Ом и $C=6 \times 10^{-13}$ Ф) годограф импеданса имеет форму полуокружности, показанной на рис. 3 пунктирной линией. Отсчёт частоты годографа начинается с правого края (стрелка). Область годографа в начале координат соответствует высоким частотам. Такой вид годографа означает, что действительная и мнимая компоненты импеданса простой параллельной RC -цепи связаны между собой математическим уравнением полуокружности. На этом же рисунке экспериментальными точками обозначен годограф импеданса $Z''(\omega)$ от $Z'(\omega)$ увлажнённого зерна, который имеет вид наклонной линии.

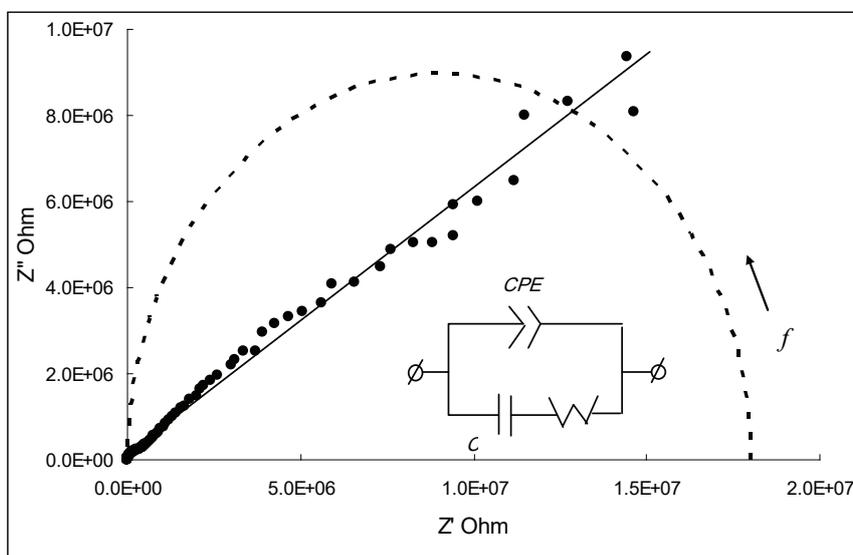


Рис. 3. Годограф импеданса влажного зерна

Fig. 3. Wet grain impedance hodograph

В начале координат на высоких частотах реальная и мнимая компоненты импеданса зерна имеют небольшие значения, но при понижении частоты обе компоненты почти одинаково возрастают. Это ещё раз подтверждает факт, что электрические и диэлектрические характеристики этого образца формируются

более сложным образом, чем радиотехническая модель, состоящая из постоянной ёмкости и параллельно включенного резистора. Сложность возникает в связи с тем, что в процессе протекания переменного электрического тока через внешнюю и внутреннюю структуру зерна образуются области неравно-

весного распределения электрических зарядов не только в приэлектродной области, но, возможно, и во внутренних кластерах зерна. Для радиотехнического моделирования этих процессов в данной работе использовалась специальная программа (Eisa-analyzer) поиска наиболее подходящей эквивалентной электрической схемы, импеданс которой согласуется с экспериментом. Наиболее подходящая для данного зерна эквивалентная схема показана на рис. 3. Схема состоит из трёх параллельно включенных радиоэлементов, обозначенных символами CPE , W и ёмкости C . Элемент CPE в основном используется для моделирования частотно-зависимой ёмкости или сквозного сопротивления, а частотно-зависимый элемент W моделирует процесс накопления электрических зарядов вблизи электродов (двойной электрический слой) и их диффузию в объём материала.

Импеданс частотно-зависимого элемента CPE принято записывать в виде [12]:

$$Z_{CPE}(\omega) = A(j\omega)^\alpha, \quad (4)$$

где ω – угловая частота, коэффициент $A = 2,8 \times 10^{-8}$ для данного образца зерна имеет размерность усреднённой ёмкости, а величина $\alpha = 0,37$ характеризует степень неоднородно-

сти (отклонение от единицы) распределения электрических зарядов по объёму зерна [13].

Диффузионный импеданс Варбурга (W) [14–15] представляет собой последовательно соединённую частотно-зависимую ёмкость C_w и сопротивление R_w :

$$C_W(\omega) = \frac{1}{W\sqrt{\omega}}; R_W(\omega) = \frac{W}{\sqrt{\omega}}; \quad (5)$$

где W – постоянная Варбурга, которая определяется следующим соотношением:

$$W(\omega) = \frac{RTN_A}{F^2 S_n \sqrt{D}}; \quad (6)$$

где R – газовая постоянная; N_A – постоянная Авогадро; F – постоянная Фарадея; S – геометрический фактор (площадь пластин измерительной ячейки).

Именно эти частотно-зависимые процессы и формируют измеряемый в данном эксперименте наклонный луч годографа импеданса практически во всём диапазоне частот.

На рис. 4 приведены рассчитанные из соотношений (2) частотные зависимости действительной и мнимой компонент диэлектрической проницаемости (1, 2) и удельной проводимости (3, 4) для этого образца зерна.

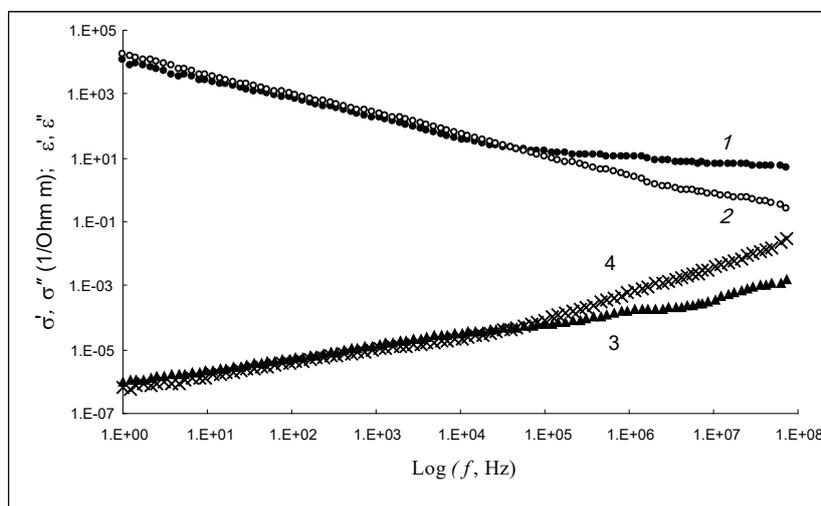


Рис. 4. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости ϵ' (1), ϵ'' (2), и удельной проводимости σ' (3), σ'' (4) увлажнённого зерна

Fig. 4. Frequency dependence of the permittivity ϵ' (1), ϵ'' (2), and specific conductivity σ' (3), σ'' (4) of moistened grain

Как видно, на низких частотах $f \approx 1$ Гц действительная компонента ДП (1) данного образца достигает огромных значений $\epsilon' \approx 1 \times 10^4$, что можно объяснить образованием двойного электрического слоя вблизи поверхности электродов, который экранирует внеш-

нее электрическое поле в объёме зерна. Это и воспринимается как сильное увеличение действительной и мнимой компонент ДП. Не исключено, что неравновесное скопление зарядов может произойти не только в приэлек-

тродном пространстве, но и во внутренних структурах зерна.

Двойной электрический слой препятствует переносу электрических зарядов во внешнюю цепь, поэтому удельная активная и реактивная проводимость зерна на низких частотах мала и находится в пределах $\sigma' = 1 \times 10^{-7}$ и $\sigma'' = 6,9 \times 10^{-7}$ (Ом · м⁻¹). При возрастании частоты двойной электрический слой не успевает формироваться, поэтому действительная и мнимая компоненты проводимости возрастают, но ДП зерна уменьшается вплоть

до стационарных значений ($\epsilon' \approx 5,2 - 5,4$) на высоких частотах. Согласно данным Д.А. Будникова, А.А. Цымбел [16], такая величина ДП на частоте $\sim 10^8$ Гц приблизительно соответствует влажности зерна 20 – 25%.

Для этого увлажнённого зерна на рис. 5 также приведена частотная зависимость тангенса угла потерь, которая на низких частотах достигает высоких значений $\text{tg } \delta \sim (1,5 - 2,0)$, но с ростом частоты немонотонно снижается до $\text{tg } \delta \sim 0,05$.

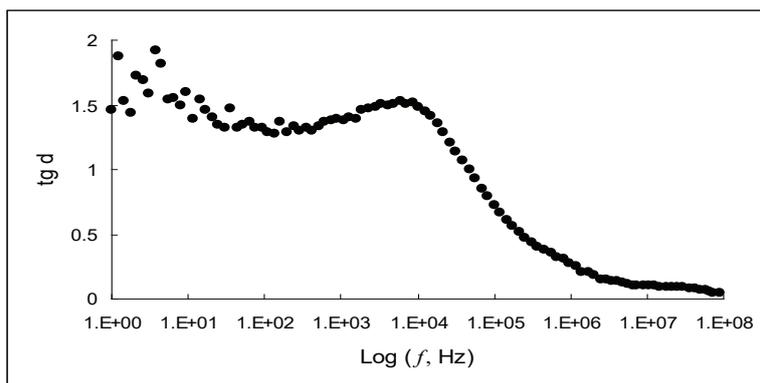


Рис. 5. Частотная зависимость тангенса угла потерь увлажнённого зерна

Fig. 5. Frequency dependence of the loss tangent of the moistened grain

Хорошо видно, что вблизи частоты $f \approx 10^4$ Гц выявляется релаксационный максимум, а затем происходит быстрое снижение диэлектрических потерь, так как на высоких частотах преобладает реактивный $\sigma''(f)$ тип проводимости. По-видимому, растворённые в воде ионы зерна или заряженные молекулярные комплексы обладают малой подвижностью и в высокочастотном электрическом поле ис-

пытывают лишь ограниченное смещение, сопровождающееся высокочастотной поляризацией.

В данной работе были также измерены увлажнённые зёрна пшеницы с добавлением в воду небольшого количества поваренной соли ($\sim 0,1\%$ по массе). Измеренный спектр импеданса (Z) такого зерна и фазы (φ) приведены на рис. 6.

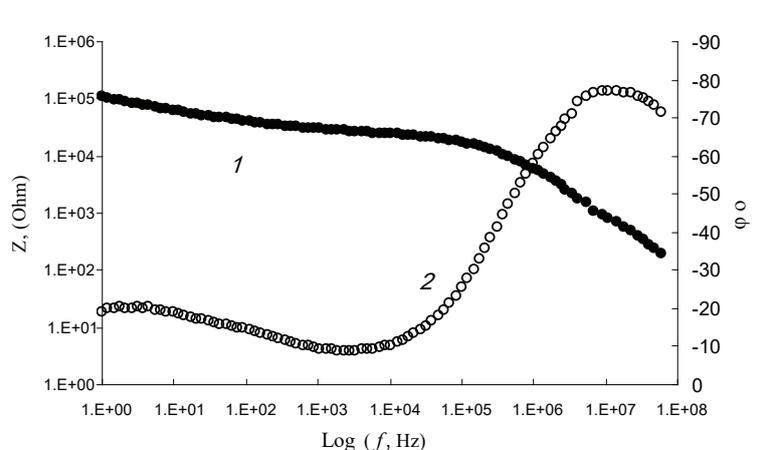


Рис. 6. Частотная зависимость модуля импеданса Z (1) и фазы φ (2) зерна замоченного в воде с добавлением соли

Fig. 6. Frequency dependence of the impedance modulus Z (1) and phase φ (2) grain soaked in water with the addition of salt

Как видно, частотная зависимость импеданса $\text{Log}(Z, \text{Ом})$ лишь в деталях отличается от вымоченного в чистой воде зерна. В частности, в этом образце довольно сильно уменьшается модуль импеданса в области низких частот, что связано с увеличением concentra-

ции ионов соли и возрастанием ионной проводимости. Из-за повышенной проводимости на высоких частотах фазовый угол (ϕ) не достигает -90° . На рис. 7 приведен годограф импеданса этого образца и подобранная эквивалентная электрическая схема.

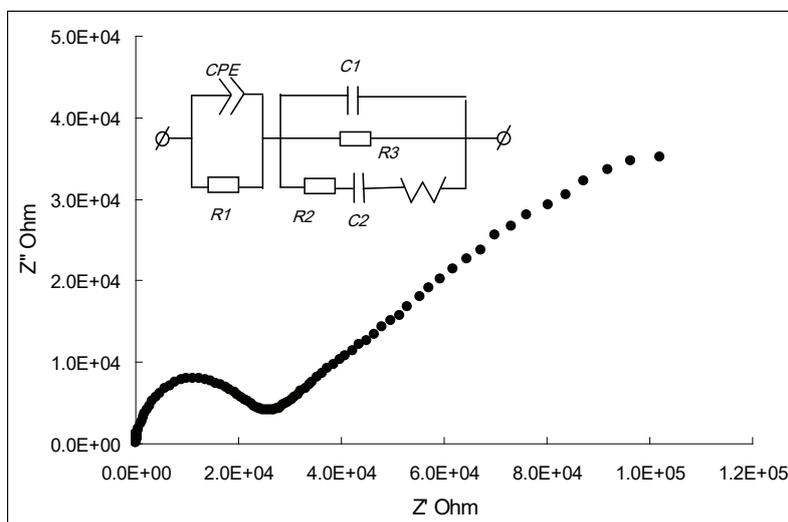


Рис. 7. Годограф импеданса солевого раствора влажного зерна

Fig. 7. Impedance hodograph of a saline solution of wet grain

В отличие от предыдущего образца зерна данная эквивалентная схема состоит из двух звеньев, одно из которых моделирует высокочастотную полуокружность с сопротивлением $R_1 = 19840$ и реактивным элементом емкости CPE с коэффициентом $A = 2,17 \cdot 10^{-10}$ и показателем степени $\alpha = 0,86$. В области низких частот возникает почти прямолинейный луч годографа как и для предыдущего образца. Этот луч моделируется импедансом Варбурга $W = 3,8 \times 10^5$ и целой совокупностью дополнительных RC -элементов. Видно, что в этой схеме присутствует сквозное сопротивление $R_3 = 97$ Ом, которое в сумме с сопротивлением R_1 определяет сквозную омическую проводимость данного зерна на постоянном токе.

ВЫВОДЫ

1. Полученные в работе результаты по изучению электрофизических свойств увлажнённого зерна методом импедансной спектроскопии позволили выделить область радиоча-

стот, где проявляются специфические процессы электрической поляризации и проводимости, связанные со сложной поверхностной и объёмной структурой зерна. В области низких частот выявлены процессы накопления объёмных зарядов вблизи электродов и, вероятно, на внутренних структурах зерна.

2. Основным этапом анализа резистивно-емкостных характеристик зерна являлось сопоставление импедансных спектров с аналогичными спектрами эквивалентных электрических схем, каждый элемент которых косвенно связывался с определёнными процессами электрической поляризации и движением электрических зарядов. Установлено, что металлические контакты на поверхности зерна не являются полностью блокирующими по постоянному и низкочастотному току.

3. Показано, что дисперсия комплексной ДП и удельной проводимости зерна существенно зависит от количества влаги на поверхности и во внутренних структурах зерна, а также от наличия дополнительных ионов в водном растворе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Манасян С.К. Принципы конвективной сушки зерна // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 6. – С. 145–150.

2. Цугленок Н.В., Манасян С.К., Демский Н.В. Зерносушилки сельскохозяйственного назначения // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – № 11. – С. 47.
3. Булгаков Р.А., Барышева Н.Н. Обзор электрофизических свойств семян пшеницы и их применение в методах контроля // Ползуновский альманах. – 2018. – № 4. – С. 205–207.
4. Будников Д.А. Результаты экспериментальных исследований фактора диэлектрических потерь зерновоздушной смеси // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № 3(43). – С. 16–21.
5. Бузунова М.Ю. Анализ электрофизических характеристик зерновых культур // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса», посвященной памяти А.А. Ежевского (15-16 ноября 2018 г.). – Иркутск: Изд-во Иркут. ГАУ, 2018. – С. 166–173.
6. Belyaev B.A., Drokin N.A. Impedance spectroscopy investigation of electrophysical characteristics of the electrode-liquid crystal interface // *Physics of the Solid State*. – 2015. – Т. 57, N 1. – P. 181–187.
7. Markevich I.A., Selyutin G.E., Drokin N.A. Impedance Spectroscopy Study of a Polymer Composite with Carbon Nanotubes in Contact with an Electrolyte // *Technical Physics*. – 2019. – Vol. 64, N 9. – P. 1324–1329.
8. Гираев М.А. Частотный спектр импеданса биотканей растительного происхождения // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. – 2015. – Т. 30, №6. – С. 50–55.
9. Эквивалентные электрические модели биологических объектов / А.Л. Зуев, В.Ю. Мишланов, А.И. Судаков [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 110–120.
10. *Electrical impedance spectroscopy study of biological tissues* / D.A. Deana, T. Ramanathan, D. Machado [et al.] // *Journal of Electrostatics*. – 2008. – Vol. 66. – P. 165–177.
11. *Lvovich Vadim F. Impedance Spectroscopy: Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena*. – New Jersey: Wiley&Sons, 2012. – 368 p.
12. Букун Н.Г., Укше А.Е. Импеданс твердоэлектролитных систем // *Электрохимия*. – 2009. – Т. 45, № 1. – С. 13–27.
13. *Impedance of constant phase element (CPE)-blocked diffusion in film electrodes* / J. Bisquert, G. Garcia-Belmonte, P. Bueno [et al.] // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 1998. – Vol. 452(2). – P. 229–234.
14. Графов Б.М., Укше Е.А. Электрохимические процессы в переменном токе // *Успехи химии*. – 1975. – Т. 44, № 11. – С. 1979–1986.
15. *Электрохимический импеданс: монография* / З.Б. Стойнов [и др.]; АН ССР, Ин-т электрохимии им. А.Н. Фрумкина. – М.: Наука, 1991. – 335 с.
16. Будников Д.А., Цымбал А.А. Диэлектрические свойства сельскохозяйственных материалов // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2016. – № 3(18). – С. 154–159.

REFERENCES

1. Manasjan S.K., *Vestnik KrasGAU*, 2008, No. 6, pp. 145–150. (In Russ.)
2. Cuglenok N.V., Manasjan S.K., Demskij N.V., *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija*, 2012, No. 11, p. 47. (In Russ.)
3. Bulgakov R.A., Barysheva N.N., *Polzunovskij al'manah*, 2018, No. 4, pp. 205–207. (In Russ.)
4. Budnikov D.A., *Vestnik agrarnoj nauki Dona*, 2018, No. 3(43), pp. 16–21. (In Russ.)
5. Buzunova M.U., *Problemy i perspektivy ustojchivogo razvitija agropro-myshlennogo kompleksa* (Problems and prospects of sustainable development of the agro-industrial complex), Proceedings of the All-Russian scientific and Practical conference with international participation dedicated to the memory of A.A. Yezhevsky, Irkutsk: Irkutskij GAU Publ, 2018, pp. 166–173. (In Russ.)
6. Belyaev B.A., Drokin N.A., Impedance spectroscopy investigation of electrophysical characteristics of the electrode-liquid crystal interface, *Physics of the Solid State*, 2015, Vol. 57, No. 1, pp. 181–187.

7. Markevich I.A., Selyutin G.E., Drokin N.A., Impedance Spectroscopy Study of a Polymer Composite with Carbon Nanotubes in Contact with an Electrolyte, *Technical Physics*, 2019, Vol. 64, No. 9, pp. 1324–1329.
8. Giraev M.A., *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1. Estestvennye nauki*, 2015, Vol. 30, No. 6, pp. 50–55. (In Russ.)
9. Zuev A.L., Mishlanov V.Ju., Sudakov A.I., Shakirov N.V., Frolov A.V., *Rossiiskij zhurnal biomehaniki*, 2012, Vol. 16, No. 1, pp. 110–120. (In Russ.)
10. Deana D.A., Ramanathand T, Machadoa D. [et al.], Electrical impedance spectroscopy study of biological tissues, *Journal of Electrostatics*, 2008, Vol. 66, pp. 165–177.
11. Lvovich Vadim F., *Impedance Spectroscopy: Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena*, New Jersey: Wiley&Sons, 2012, 368 p.
12. Bukun N.G., Ukshe A.E., *Elektrokhimiya*, 2009, Vol. 45(1), pp. 11–24. (In Russ.)
13. Bisquert J, Garcia-Belmonte G, Bueno P, Longo E, Bulhoes L., Impedance of constant phase element (CPE)-blocked diffusion in film electrodes, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1998, Vol. 452 (2), pp. 229–234.
14. Grafov B.M., Ukshe E.A., *Uspekhi khimii*, 1975, Vol. 44, No. 11, pp. 933–937. (In Russ.)
15. Stoynov Z.B., Grafov B.M., Savova-Stoynova B., Elkin V.V., *Elektrokhimicheskiy impedans (Electrochemical impedance)*, Moscow: Nauka Publ, 1991, 335 p.
16. Budnikov D.A., Tsymbal A.A., *Innovatsii v selskom khozyaystve*, 2016, No. 3 (18), pp. 154–159. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-69-75

УДК 619:614.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

В.Ю. Гречникова, аспирант**И.А. Кондакова**, кандидат ветеринарных наук, доцент*Рязанский государственный аграрно-технологический университет им. П.А. Костычева, Рязань, Россия***E-mail:** vika.09051996@mail.ru

Ключевые слова: микробная обсемененность воздуха, ксеноновая лампа, ультрафиолетовое облучение, санитарно-показательные микроорганизмы, микробное число, прибор «Заря-1».

Реферат. Одной из важнейших задач ветеринарной практики является поиск и разработка эффективного и экологически безопасного метода обеззараживания воздуха животноводческого помещения, который можно будет использовать в присутствии животных и обслуживающего персонала. Сейчас для санации воздуха помещений используются газоразрядные лампы низкого давления как источник УФ-излучения. Однако упомянутые устройства могут вызвать серьезную угрозу загрязнения окружающей среды. Поэтому основной целью данной работы послужило исследование бактерицидной эффективности широкополосного импульсного оптического излучения на микробную обсемененность воздуха животноводческого помещения и в отношении санитарно-показательных микроорганизмов. В статье дается описание технических характеристик устройства «Заря-1», основанного на использовании высокоинтенсивного импульсного оптического излучения сплошного спектра, генерируемого мощными высокотемпературными (10000 – 40000 К) плазменными источниками, разработанного АО «ГРПЗ». Объектом исследования бактерицидного влияния широкополосного излучения послужила микрофлора воздуха животноводческого помещения. Опыт проводился в виварии, открытые чашки Петри с плотной питательной средой были размещены в трёх точках для осаждения пылевых частиц, микроорганизмов и капель аэрозоля под действием силы тяжести. Учет полученных результатов осуществлялся через 24 ч. Проведенными исследованиями после воздействия облучения длительностью 14, 16, 17, 18 и 19 мин было выявлено снижение общего микробного числа воздуха во всех пяти вариантах. Так, при длительности облучения 14 мин эффективность достигала 97,12 %, а 19 мин – 99,78 %.

USE OF BROADBAND RADIATION TO REDUCE MICROBIAL CONTAMINATION OF LIVESTOCK BUILDING AIR AND EVALUATION OF ITS EFFECTIVENESS.

V.Iu. Grechnikova, Ph.D. student**I.A. Kondakova**, Ph.D. in Veterinary Sciences, Associate Professor*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia***E-mail:** vika.09051996@mail.ru

Keywords: air microbial contamination, xenon lamp, ultraviolet irradiation, positive microorganisms for sanitation, microbial count, Zarya-1 device.

Abstract. One of the most important tasks of veterinary practice is to find and develop an effective and environmentally friendly method of disinfecting livestock room air that can be used in the presence of animals and service personnel. Currently, low-pressure discharge lamps are used for indoor air sanitation as a source of ultraviolet (UV) radiation. However, these devices can pose serious environmental pollution risks. Therefore, the main objective of this work was to investigate the bactericidal effectiveness of pulsed broadband optical radiation on the microbial contamination of the house air of livestock and concerning sanitary positive microorganisms. In the article, the authors presented a description of the technical characteristics of the Zarya-1 device based on the use of pulsed high-intensity optical radiation of a continuous spectrum. This spectrum is generated by powerful high-temperature (10000 - 40000 K) plasma sources, developed by SRIP (State Ryazan Instrument Plant) JSC. The bactericidal effect of broadband radiation on the microflora of the air in the livestock building was investigated. The experiment was carried out in the vivarium. Open Petri dishes with dense nutrient media were placed at three points for the deposition of dust particles, microorganisms, and aerosol droplets by gravity. The results obtained were recorded after 24 h. In their study, the authors revealed a reduction in the total microbial count of air in all five

variants after exposure to irradiation for durations of 14, 16, 17, 18, and 19 min. Therefore, at the 14 min duration of irradiation, the effectiveness of the sanitary parameters reached 97.12 % and at the 19 min duration 99.78 %.

Выращивание сельскохозяйственных животных и птицы в условиях промышленного комплекса дает возможность получения продукции хорошего качества с минимальными затратами при наибольшей производительности труда [1].

Однако стоит отметить, что ведение животноводства в условиях промышленной технологии имеет не только положительные, но и отрицательные стороны. Содержание и выращивание сельскохозяйственных животных связано как с ухудшением зоогигиенических параметров (температура воздуха в помещениях, относительная влажность воздуха, концентрация газов (аммиак, сероводород, углекислый газ), скорость движения воздуха), так и с проведением профилактических и лечебных мероприятий против болезней незаразной и инфекционной этиологии. Данные проблемы напрямую зависят от значительного накопления патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в воздухе и на производственных поверхностях объектов животноводческих помещений. Содержание и выращивание животных в подобных условиях влечет за собой ощутимый экономический ущерб, связанный со снижением продуктивности, ухудшением качества мясной и молочной продукции, ранней выбраковкой и падежом как взрослого поголовья, так и молодняка сельскохозяйственных животных. Кроме того, ряд инфекционных болезней являются общими для человека и животных, что указывает на социальную значимость данной проблемы [2, 3].

Поэтому использование всех генетических потенциалов животных и получение продукции хорошего качества зависит не только от грамотно подобранного рациона, соответствующих условий содержания и своевременного применения лекарственных средств, но и от вовремя проводимых ветеринарно-санитарных мероприятий [4].

Основными факторами, способствующими возникновению и распространению болезней респираторного и желудочно-кишечного тракта среди восприимчивых животных в помещениях, являются: циркуляция патогенной и условно-патогенной микрофлоры в территориально общей воздушной среде (бассейне), несоблюдение технологических режимов и норм содержания поголовья животных, нарушение периодов профилактических перерывов перед заполнением животноводческих помещений, нерегулярно и некачественно

проведенная профилактическая дезинфекция воздуха и т.д. [5].

Все вышеперечисленное способствует возникновению, накоплению и циркуляции микрофлоры в воздушной среде, а также обсеменению поверхностей производственных помещений.

Исходя из изложенного, на данном этапе важным вопросом ветеринарной практики является поиск и разработка эффективного метода дезинфекции воздуха и поверхностей животноводческих помещений в присутствии поголовья животных и обслуживающего персонала.

В ветеринарной практике к популярным способам дезинфекции относится химический (применение средств химической природы: резорцин, йодез, молочная кислота и т.д.). Чаще специалисты используют метод аэрозольного распыления (диаметр частиц 0,1–5 мкм, используется для дезинфекции воздуха и поверхностей) и распыливания (диаметр частиц 250–500 мкм, для обработки поверхностей помещений) дезинфицирующих средств [6, 7].

Данный метод имеет ряд недостатков:

1. Необходимость в специализированном и нередко дорогом оборудовании (аэрозоли получают с использованием пневматических и гидравлических распылителей, генераторов), что включает в себя дополнительные затраты. Кроме этого, для работы с устройствами необходим квалифицированный специалист.

2. Величина частиц аэрозоля (дезинфицирующее действие аэрозоля наиболее эффективно при соблюдении определенного размера частиц. Любое отклонение приводит к некачественному проведению мероприятия).

3. Добросовестная подготовка помещений к проведению дезинфекции в санитарном отношении: необходимость в проведении тщательной механической очистки.

4. Соблюдение ряда параметров микроклимата: температура воздуха должна достигать отметки не ниже 15 °С, относительная влажность воздуха не менее 60 %, вентиляционную систему необходимо отключить.

Стоит напомнить, что средства, используемые для химической санации воздуха, должны соответствовать некоторым требованиям (приемлемая цена, сохранение бактерицидных свойств при длительном хранении, нетоксичность для животных и человека и т.д.). Большинство химических средств нельзя ис-

пользовать в присутствии поголовья животных и обслуживающего персонала [8, 9].

Поэтому важной задачей является разработка и дальнейшее использование метода обеззараживания воздуха, отвечающего следующим параметрам: максимальная эффективность при минимальных затратах времени, труда и энергии, возможность использования в присутствии животных и людей, его положительное влияние на физиологические показатели поголовья, экологическая безопасность для окружающей среды, необязательное присутствие квалифицированного специалиста [10, 11].

Опираясь на вышеуказанные свойства, можно предположить, что для эффективного обеззараживания воздуха производственных помещений крупных комплексов и ферм необходим метод с применением средств физической природы. Поэтому санация воздуха посредством ультрафиолетового излучения (УФ-излучение) наиболее эффективна.

На сегодняшнем этапе в ветеринарной практике в качестве источника УФ-излучения для проведения санации воздушной среды используются газоразрядные лампы низкого давления. Однако за рядом достоинств (эффективность, легкость в использовании, короткий срок обработки и т.д.) есть и существенный недостаток в опасности загрязнения окружающей среды ртутью и ее дальнейшего отрицательного влияния на организм не только животных, но и человека [11–13].

Поэтому необходим способ, который не приведет к возникновению описанной выше ситуации и одновременно будет отвечать всем изложенным требованиям для проведения качественной дезинфекции.

Таким образом может служить перспективное использование импульсных ксеноновых ламп как источника УФ-излучения. Бактерицидная эффективность такого излучения создается за счет суммарного действия широкополосного излучения (200–1500 нм) и высоких показателей его интенсивности, тогда как интенсивность излучения газоразрядных ламп низкого давления не более 3 Вт на 1 см ее длины.

К тому же спектр излучения импульсной ксеноновой лампы является сплошным, что обуславливает перекрытие ультрафиолетового излучения, а диапазон от 280 до 315 нм обладает иммуностимулирующим и ранозаживляющим действием, от 315 до 400 нм – противовоспалительным и анальгетическим эффектом. Приборы с ксеноновыми лампами рекомендуются для обеззараживания воды,

продуктов и воздуха в присутствии животных и людей как в бытовой сфере, так и на производстве [14, 15].

Цель исследования – определение бактерицидной эффективности широкополосного импульсного оптического излучения на микробную обсемененность воздуха животноводческого помещения и в отношении санитарно-показательных микроорганизмов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на кафедре эпизоотологии, микробиологии и паразитологии, в виварии факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (ФГБОУ ВО РГАУ) и на базе Государственного бюджетного учреждения Рязанской области «Рязанская областная ветеринарная лаборатория» в 2021–2022 гг.

Для получения результатов исследования был проведен анализ количественных и качественных показателей состава микрофлоры воздуха и дана оценка устойчивости микроорганизмов к различным вариациям излучения.

Исследования проводились с применением прибора «Заря-1» (рис. 1) как источника широкополосного излучения. Устройство разработано АО «Государственный Рязанский приборный завод». Конструкция корпуса прибора выполнена из нетоксичных, экологически чистых материалов, имеющих антипыльные, антистатические свойства, исполнение предусматривает возможность встраивания в существующие линии приточно-вытяжной вентиляции и организацию обеззараживания воздуха в помещениях в рециркуляционном режиме.



Рис. 1. Прибор «Заря-1»
Device «Zarya-1»

Принцип работы основан на получении высокоинтенсивного импульсного оптического излучения лампой, заполненной ксеноновой плазмой. Максимальная оптическая энергия при работе достигает 100 Дж, длительность импульсов максимально 15 мс, частота повторения импульсов при этом 5 ± 1 Гц, длина волны лампы варьирует от 200 до 1500 нм, тогда как максимальная длина волны УФ-излучения газоразрядной лампы низкого давления достигает 254 нм. Предельно допустимая концентрация озона при работе устройства в помещении не превышает отметки $0,03 \text{ мг/м}^3$.

Объектом исследования послужила микрофлора воздуха животноводческого помещения.

Изучение эффективности бактерицидного действия широкополосного излучения проводилось путем определения общего количества микроорганизмов воздуха, выросших на плотной питательной среде после облучения, а также по наличию санитарно-показательных микроорганизмов в контрольных и опытных (после облучения ксеноновой лампой) чашках Петри.

Для определения общего микробного числа (ОМЧ) животноводческого помещения использовался седиментационный метод (метод Коха). Суть используемого в исследовании метода заключается в оседании под действием силы тяжести на поверхность плотной питательной среды открытой чашки Петри микроорганизмов, пылевых частиц и капель аэрозоля.

Для более точного проведения исследования чашки Петри с агаризированной питательной средой (для культивирования использовался сухой агар (ГРМ-агар), изготовитель ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Оболенск) были предварительно поделены на 2 группы (опытная и контрольная), в каждой группе по 15 чашек Петри для дальнейшего подсчета среднего арифметического значения полученных результатов.

Отборы проб проводились в виварии факультета ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ. Чашки Петри с открытыми крышками были установлены в трех точках на расстоянии 1 м над полом на 15 мин.

По окончании времени экспозиции открытые опытные чашки Петри были облучены по отдельности с различным временем воздействия. Каждая чашка размещалась строго под лампой для гарантированного получения рав-

ной дозы на всех частях чашки. Всего в эксперименте было пять периодов облучения: 14, 16, 17, 18 и 19 мин, мощность одного импульса ксеноновой лампы равна $1/128$ (9,375 Дж).

Далее обе группы чашек Петри были помещены в термостат воздушный ТВ-20-ПЗ-К для выращивания микроорганизмов при температуре 37°C на 24 ч. Учет полученных результатов проводился на следующий день.

Расчет общего микробного числа (ОМЧ) проводился по модифицированной формуле В.Л. Омелянского:

$$X = \frac{n \cdot 10^4}{\pi r^2 \cdot 10},$$

Где X – ОМЧ воздуха исследуемого помещения, КОЕ (колониеобразующих единиц); n – количество выросших колоний на чашке Петри, КОЕ;

t – время экспозиции чашки Петри, мин;

πr^2 – площадь чашки Петри, см^2 ;

10^4 – площадь 1 м^2 в см^2 .

Определение среднего арифметического значения общего микробного числа одного периода облучения осуществлялось с использованием следующей формулы:

$$M = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{n},$$

где M – среднее арифметическое общего микробного числа одного периода облучения;

a_1, a_2, a_3 – значения общего микробного числа в трех чашках Петри;

n – количество чашек Петри.

Количество выросших на плотной питательной среде колоний по истечении инкубации определяли визуальным методом, микроскопию проводили с применением микроскопа медицинского для биохимических исследований XS-90, статистическую обработку полученных данных и построение диаграмм осуществляли в программе Microsoft Excel (2010), вычисление достоверности полученных результатов – по методу Н.В. Садовского с использованием таблицы Стьюдента-Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении испытаний импульсного высокоинтенсивного оптического облучателя для обеззараживания воздуха «Заря -1» установлено, что бактерицидная активность генерируемого им оптического широкополосного излучения в зависимости от времени

воздействия варьирует в ощутимых пределах (таблица, рис. 2).

Результаты бактерицидной эффективности широкополосного излучения в зависимости от времени воздействия импульсов

The results of the bactericidal efficiency of broadband radiation depend on the time of exposure to pulses

№ п/п	Опытные посевы после облучения		Контрольные посевы без облучения, количество выросших КОЕ
	время облучения, мин	количество выросших КОЕ	
1	14	276,0000±2,0328	9597,0000±1,7424
2	16	63,6900±2,5000	9384,3000±1,4520
3	17	63,6900±2,5000	9610,0000±0,2904
4	18	63,6900±2,5000	9564,0000±0,2904
5	19	21,2300±0,9400	9605,1000±0,8712

Исходя из полученных данных, можно отметить, что эффективность воздействия облучателя при длительности экспозиции 14 мин составляет 97,12 % (выживаемость микроорганизмов при этом 2,88 %), при 19 мин отмечается максимальный бактерицидный эффект (99,78 %), выживаемость составляет лишь 0,2 %.

Стоит также отметить, что при длительности облучения, равной 16, 17 и 18 мин, показатели КОЕ одинаковые, т.е. эффективность широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы во всех трех случаях равна 99,33 %, выживаемость при заданных параметрах времени составляет приблизительно 0,67 %.

Используя метод определения достоверности разности по Н.В. Садовскому и таблицу Стьюдента-Фишера, можно отметить, что уровень вероятности достоверности превышает 99,9 %.

В процессе изучения saniрующих свойств широкополосного излучения в

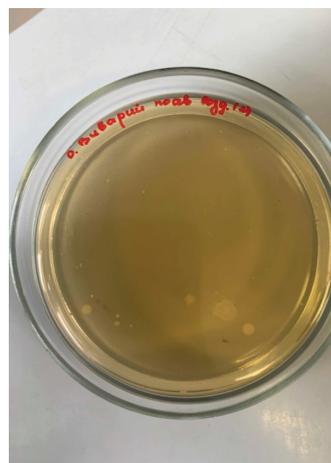
опытной группе не было отмечено роста тест-микроорганизмов, относящихся в роду *Staphylococcus*. Однако при исследовании опытных чашек Петри были обнаружены единичные колонии на плотной питательной среде (см. рис. 2, б).

В процессе бактериологического исследования были выявлены устойчивые к излучению почвенные бациллы (*Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. mesentericus*). По морфологии грамположительные с закругленными концами палочки, как правило, в исследуемом материале располагались либо одиночно, либо небольшими скоплениями, споры, не превышающие размера микробной клетки, расположены центрально, овальной формы.

Причина выживаемости микроорганизмов, относящихся к данному роду, связана с их высокой устойчивостью к различным видам излучения, а также химическим веществам.



а



б

Рис. 2. Колонии микроорганизмов, выросших на плотной питательной среде: а – контроль; б – опыт
Fig. 2. Colonies of microorganisms grown on a dense nutrient medium: a – control; b – experience

ВЫВОДЫ

1. Применение широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы прибора «Заря-1» снижает микробную обсемененность воздуха животноводческого помещения при длительности периода обработки 19 мин на 99,78 %.

2. Широкополосное излучение обладает выраженным бактерицидным эффектом в от-

ношении санитарно-показательных микроорганизмов рода *Staphylococcus*, по наличию или отсутствию которых контролируют качество не только профилактической, но и вынужденной (текущей и заключительной) дезинфекции при туберкулезе, болезнях, вызываемых спорообразующими микроорганизмами, сальмонелле, туляремии, орнитозе, стрептококкозе, некробактериозе, микозах и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Апробация* набора реагентов для детекции *Dickeya solani* для количественного учёта повреждений ДНК, вызванных воздействием импульсной ксеноновой лампы / П.Ю. Крупин, А.Б. Яремко, Ю.С. Панычева [и др.] // Известия ТСХА. – 2018. – № 2. – С. 34–47.
2. *Характеристики* излучения короткодуговых ксеноновых газоразрядных ламп высокого давления / С.В. Гавриш, А.Н. Кондратьев, В.В. Логинов [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2019. – № 6 (129) – С. 50–63.
3. *Ультрафиолетовое* излучение импульсно-периодических разрядов высокого давления в ксеноне / М.В. Филиппов, С.С. Коробков, В.М. Градов [и др.] // Математика и математическое моделирование. – 2017. – № 6. – С. 54–69.
4. *Гречникова В.Ю., Кондакова И.А.* Влияние широкополосного излучения на микробную загрязненность воздуха животноводческого помещения // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: материалы 72-й Международной научно-практической конференции, 20 апреля 2021 г. – Рязань, 2021. – С. 34–38.
5. *Кондакова И.А., Гречникова В.Ю.* Микробная контаминация воздуха животноводческого помещения // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: материалы 72-й Международной научно-практической конференции, 20 апреля 2021 г. – Рязань, 2021. – С. 70–75.
6. *Кривенок Л.Л.* Использование перекисного препарата для дезинфекции помещений и санации животных // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2020. – № 4. – С. 17–20.
7. *Совершенствование* методических подходов к управлению риском распространения инфекций с аэрозольным механизмом передачи возбудителя / Н.В. Шестопапов, А.Ю. Скопин, Л.С. Федорова [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 1. – С. 84–92.
8. *Causes of diseases of the digestive system of the young cattle* / I. Kondakova, E. Vologzhanina, J. Lomova, N. Kryuchkova // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 г. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2013.
9. *Гречникова В.Ю., Кондакова И.А., Григоренко Д.В.* Изучение влияния высокоинтенсивного импульсного оптического УФ-излучения ксеноновой лампы на чистые культуры микроорганизмов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1 (49). – С. 5–12.
10. *Нургазиев Р.З., Боронбаева А.И., Нурманов Ч.А.* Серологический мониторинг инфекционного ринотрахеита КРС // Вестник АГАУ. – 2021. – № 2 (196). – С. 61–66.
11. *Хисамутдинов А.Г.* Производственные испытания импортзамещающего дезинфицирующего средства Рекодез в животноводческих комплексах // Ветеринарный врач. – 2018. – № 3. – С. 60–64.
12. *Гречникова В.Ю., Кондакова И.А.* К вопросу о бактерицидной эффективности УФ-излучения плазменной оптической лампы // Научные приоритеты современной ветеринарной медицины, животноводства и экологии в исследованиях молодых ученых: материалы Национальной научно-практической конференции, 18 марта 2021 г. – Рязань, 2021. – С. 124–129.
13. *Fatema Al.T., Mohamad A., Sabah Al.S.* Study of disinfection of drinking water using the technology of silver granules // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 7 (46). – С. 73–79.

14. Kalashnikova S.A., Andreeva E.S., Padokhin A.M. Accounting for O₂ absorption in ionospheric uv volume emission rate tomography // Current problems in remote sensing of the Earth from space. – 2020. – Т. 17, № 6. – С. 153–158.
15. Дюкин А.А., Микаева С.А. Контроль УФ-излучения в установках по обеззараживанию воздуха // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике: сборник докладов конференции. – 2019. – С. 228–234.

REFERENCES

1. Krupin P.Yu., Yaremko A.B., Panycheva Yu.S., Tumashevich K.A., Orynbaev A.T., Mazurin E.S., Divashuk M.G., *Izvestiya TSKhA*, 2018, No. 2, pp. 34–47. (In Russ.)
2. Gavrish S.V., Kondrat'ev A.N., Loginov V.V., Petrenko N.Yu., Kireev S.G., *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya «Priborostroenie»*, 2019, No. 6 (129), pp. 50–63. (In Russ.)
3. Filippov M.V., Korobkov S.S., Gradov V.M., Zhelaev I.A., *Matematika i matematicheskoe modelirovanie*, 2017, No. 6, pp. 54–69. (In Russ.)
4. Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A., *Perspektivnye tekhnologii v sovremennom APK Rossii: traditsii i innovatsii* (Promising technologies in the modern agro-industrial complex of Russia: traditions and innovations), Proceedings of the 72nd International Scientific and Practical Conference, Ryazan: pp. 34–38. (In Russ.)
5. Kondakova I.A., Grechnikova V.Yu., *Perspektivnye tekhnologii v sovremennom APK Rossii: traditsii i innovatsii* (Promising technologies in the modern agro-industrial complex of Russia: traditions and innovations), Proceedings of the 72nd International Scientific and Practical Conference, Ryazan: 2021., pp. 70–75. (In Russ.)
6. Krivenok L.L., *Zhivotnovodstvo i veterinarnaja medicina*, 2020, No. 4, pp. 17–20. (In Russ.)
7. Shestopalov N.V., Skopin A.Yu., Fedorova L.S., Gololobova T.V., *Analiz riska zdorov'yu*, 2019, No. 1, pp. 84–92. (In Russ.)
8. Kondakova I., Vologzhanina E., Lomova J., Kryuchkova N., Causes of diseases of the digestive system of the young cattle, *E3S Web of Conferences*, Yekaterinburg, 15–16 oktjabrja 2020 g., Yekaterinburg, 2020, pp. 2013. (In Russ.)
9. Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A., Grigorenko D.V., *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2021, No. 1 (49), pp. 5–12. (In Russ.)
10. Nurgaziev R.Z., Boronbaeva A.I., Nurmanov Ch.A., *Vestnik AGAU*, 2021, No. 2 (196), pp. 61–66. (In Russ.)
11. Khisamutdinov A.G., *Veterinarnyi vrach*, 2018, No. 3, pp. 60–64. (In Russ.)
12. Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A., *Nauchnye priority sovremennoi veterinarnoi meditsiny, zhivotnovodstva i ekologii v issledovaniyakh molodykh uchenykh* (Scientific priorities of modern veterinary medicine, animal husbandry and ecology in the research of young scientists), The National Scientific and Practical Conference, Ryazan, 2021, pp. 124–129. (In Russ.)
13. Fatema Al.T., Mohamad A., Sabah Al.S., Study of disinfection of drinking water using the technology of silver granules, *Alleya nauki*, 2020, T. 1, No. 7 (46), pp. 73–79.
14. Kalashnikova S.A., Andreeva E.S., Padokhin A.M., Accounting for O₂ absorption in ionospheric uv volume emission rate tomography, *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, 2020, T. 17, No. 6, pp. 153–158.
15. Dyukin A.A., Micaeva S.A., *Informatika i tekhnologii. Innovatsionnye tekhnologii v promyshlennosti i informatike* (Innovative technologies in industry and informatics), Russian scientific and technical conference with international participation, 2019, pp. 228–234. (In Russ.)

ДОСТОВЕРНОСТЬ ДАННЫХ ПЕРВИЧНОГО ЗООТЕХНИЧЕСКОГО УЧЁТА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

¹**Е.В. Камалдинов**, доктор биологических наук, доцент

¹**А.Ф. Петров**, и.о. заведующего лабораторией прикладной биоинформатики

¹**К.С. Шатохин**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

¹**К.Н. Нарожных**, кандидат биологических наук

¹**В.Г. Маренков**, кандидат биологических наук

¹**Т.А. Жигулин**, магистрант

¹**О.В. Богданова**, старший преподаватель

²**П.Н. Пальчиков**, директор АО «Новосибирскагроплем»

¹**А.А. Плахова**, доктор биологических наук, доцент

¹*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

²*АО «Новосибирскагроплем», с. Ярково, Новосибирской обл., Россия*

E-mail: infoplem@yandex.ru

Ключевые слова: молочное скотоводство, племенное дело, первичный зоотехнический учёт, селекция, разведение, сельское хозяйство.

Реферат. Целью настоящей работы является оценка баз данных первичного зоотехнического учёта в Западной Сибири. Объектом исследований были записи о молочной продуктивности (удой за всю лактацию, содержание жира в молоке, содержание белка в молоке, количество молочного жира, количество молочного белка), длительности лактации (сервис-период, сухостойный период, межотельный период), возраст первого плодотворного осеменения и сведения о происхождении 20000 коров голштинской породы. Оценку достоверности исходных данных осуществляли исходя из предположения о гауссовом распределении при отсутствии значимого влияния человеческого фактора. С этой целью применяли критерий Андерсона–Дарлингга и соответствующую визуализацию с использованием гистограмм и графиков квантиль–квантиль. Список признаков молочной продуктивности был составлен исходя из значений критерия Андерсона–Дарлингга. Установлено, что самые высокие уровни данного критерия соотносились с такими показателями, как молочный жир и белок, тогда как удой практически отсутствовал в перечне признаков молочной продуктивности. Это объясняется тем, что у животных большинства предприятий величина удоя была выше пороговых значений бонитировки. Наряду с использованием статистических критериев, проведен анализ генеалогических деревьев исследуемых племенных предприятий, который позволил выявить неправомерное отнесение нескольких десятков потомков к одной матери. Таким образом, представленный подход может быть использован для выявления выбросов, сопряженных с человеческим фактором, неправильным методическим обеспечением процесса отбора проб и ошибками в работе лабораторий селекционного контроля качества молока, связанными с отбором проб и их доставкой.

RELIABILITY OF PRIMARY ZOOTECNICAL RECORDS IN DAIRY FARMING.

¹**E.V. Kamaldinov**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

¹**A.F. Petrov**, Acting Head of the Applied Bioinformatics Laboratory

¹**K.S. Shatokhin**, Ph.D. in Biological Sciences, Senior Researcher

¹**K.N. Narozhnykh**, Ph.D. in Biological Sciences

¹**V.G. Marenikov**, Ph.D. in Biological Sciences

¹**T.A. Zhigulin**, Master's student

¹**O.V. Bogdanova**, Senior Lecturer

²**P.N. Palchikov**, Director of the JSC «Novosibirskagroplem»

¹**A.A. Plakhova**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

¹*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

²*JSC Novosibirskagroplem, Yarkovo settlement, Novosibirsk region, Russia*

E-mail: infoplem@yandex.ru

Keywords: dairy cattle breeding, breeding, primary zootechnical accounting, breeding, breeding, agriculture.

Abstract. The purpose of this paper is to evaluate the primary databases of zootechnical records in western Siberia. The object of the study was the records on milk productivity (milk yield during the whole lactation, milk fat content, milk protein content, amount of milk fat, amount of milk protein), duration of lactation (service period, dry period, inter-breeding period), age of the first fruitful insemination and information on the origin of 20,000 Holstein cows. The validity of the raw data was assessed by assuming a Gaussian distribution without significant human influence. For this purpose, the Anderson-Darling test and corresponding visualization using histograms and quantile-quantile plots were applied. The list of traits of milk production was based on the values of the Anderson-Darling criterion. The authors found that the highest levels of this criterion were correlated with milk fat and protein. And the indicator “milk yield” was practically absent from the list of traits of dairy productivity. These results can be explained by the fact that in most enterprises, the value of milk yield was higher than the appraisal threshold values. An analysis of the genealogical trees of the studied breeding enterprises was carried out, along with the use of statistical criteria. This analysis revealed the inappropriate assignment of several dozen of offspring to a single mother. Thus, the presented approach can be used to identify outliers associated with human factors. And it can also be related to improper methodological support of the sampling process and errors in the work of the laboratories of selective milk quality control associated with the sampling and delivery of samples.

Разведение и селекция сельскохозяйственных животных традиционно являются важнейшими составляющими современного животноводства, требующими использования современных подходов и методов. Согласно некоторым исследователям [1], вклад генетических факторов в формирование признаков молочной продуктивности может достигать 30 %. Наряду с признаками отбора важно уделять внимание показателям здоровья и продолжительности хозяйственного использования [2–5].

Племенной учёт в России имеет ряд уникальных особенностей, отличающих его от подходов, применяемых за рубежом. Отечественную селекцию сопровождают выраженные децентрализованность и фрагментированность исходных данных. В условиях ограничения импорта маточного поголовья и племенного материала актуальными представляются вопросы сохранения генетического потенциала по основным признакам молочной продуктивности. Решение обозначенных задач в условиях многолетнего межлинейного кроссирования за рубежом становится малоэффективным при сохранении практики использования классических методов селекции. В странах с развитым молочным скотоводством давно применяются линейные смешанные модели, требующие высокого качества входных данных [6–9]. Важным аспектом является разработка инструментов контроля качества доступного цифрового материала и нивелирование человеческого фактора [10–12]. Дефрагментация исходных данных позволяет значительно повысить уровень контроля используемой информации и эффективность селекции [13–15]. Эффективным методом проверки предположений исследователя и

исключения вероятности принятия решения, основанного на значимом влиянии случайно проявившихся во времени факторов, является повторяемость [16]. Низкое качество исходных данных приводит к снижению точности прогноза изучаемых признаков [6].

Целью данной работы является оценка достоверности первичных данных племенного учёта в молочном скотоводстве Западной Сибири для повышения точности прогноза генетического потенциала молочного скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторией прикладной биоинформатики Новосибирского ГАУ совместно с региональным информационно-селекционным центром (РИСЦ) АО «Новосибирскагроплем» протестированы генеалогические структуры и пригодность данных молочной продуктивности для последующего построения математических моделей и автоматизации процесса подбора родительских пар. Были обработаны материалы первичного зоотехнического учёта за последние 20 лет по маточному поголовью крупного рогатого скота голштинской и черно-пестрой пород Западной Сибири. Оценка генеалогической структуры популяций осуществлялась путём визуализации с использованием специализированных библиотек языка статистического программирования R. В основе проверки консолидированности данных первичного цифрового учёта лежал статистический критерий Андерсона–Дарлингса [17], позволяющий судить о соответствии эмпирических распределений распределению Гаусса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Медианы максимальных и минимальных значений признаков, которые были рассчитаны в ходе исследования, могут отражаться на

длительности лактации (табл 1). Полученные результаты отражают региональную особенность ведения баз данных ИАС «Селэкс» и дают общее представление о качестве доступного цифрового материала без предварительного усечения.

Таблица 1

Приемлемые границы некоторых признаков, связанных с лактацией
Acceptable limits for some signs associated with lactation

Параметр	Значения по базам*	Приемлемые границы
Возраст первого плодотворного осеменения, мес	От 6,9±1,04 до 116,4±8,7	13–18
Сухостойный период	От -1,2±0,2 до 373,2±72,4	30–120
Сервис-период	От 13,2±1,8 до 1012,6±106,7	30–120
Межотельный период	От 236,9±14,9 до 1226,5±98,4	350–470

* Лимиты изменчивости представляют собой медианные значения лимитов изменчивости.

* Limits of variability are the median values of the limits of variability.

Очевидными представляются проблемы, связанные с воспроизводительными способностями животных, где, возможно, не последнюю роль играет фактор кормления. Это отражается на максимальном возрасте первого плодотворного осеменения, который превышает приемлемую границу более чем в 6 раз (см. табл. 1). По всей видимости, описываемые проблемы ведут к изменению лимитов других признаков, в особенности сервис-пе-

риода. Полученные результаты представляются первоочередными для региональных информационно-селекционных центров (РИСЦ), поэтому требуют особого внимания и мониторинга.

В базах данных предприятий отобраны показатели молочной продуктивности, которые были проранжированы по уровню критерия Андерсона–Дарлинга за 2021 г. (табл. 2).

Таблица 2

Возможная степень искажения данных первичного зоотехнического учёта по признакам молочной продуктивности

Possible degree of distortion of data for primary zootechnical accounting based on milk production

Признак (за всю лактацию)	Номер хозяйства	n	Mean	SE	Me	Min	Max	Range	IQR	Cv	AD
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Белок, кг	1	1788	391,7	5,41	342,9	3,3	1589	1586	128,3	58,4	157,4
Жир, кг	1	1788	467,4	6,47	411,1	3,9	1895	1891	159,2	58,5	152
Жир, %	2	678	3,77	0,005	3,75	3,63	4,85	1,22	0,04	3,3	121
Белок, кг	3	1970	339,3	2,86	327,8	2,4	1767	1764	97	37,4	69,2
Жир, кг	3	1970	412,9	3,44	398,6	2,8	2070	2067	118,3	37	64,9
Жир, кг	4	280	293,8	21,7	216,6	60,4	3114	3053	85,6	123,4	60,9
Белок, кг	5	279	236,3	17,1	177	46,5	2499	2452	69,9	121,1	60,1
Жир, кг	6	830	184,1	1,69	177,2	23,9	530,3	506,4	31,3	26,4	55,1
Белок, кг	7	462	161,6	5,5	163,5	4,2	2456	2452	74,7	73,2	52,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Жир, кг	7	462	189,6	6,27	185,3	4,2	2776	2772	83,5	71,1	49,4
Белок, кг	8	829	144,5	1,28	139,1	18,9	408,7	389,8	25,3	25,6	49,4
Удой, кг	9	895	4681	40,6	4569	664	13403	12739	823,3	25,9	48,3
Удой, кг	10	471	5076	162,7	5203	132	72128	71996	2298	69,6	45,4
Белок, %	11	1101	3,17	0,001	3,17	3,03	3,4	0,37	0,02	0,9	43,2
Жир, %	12	693	3,77	0,003	3,75	3,59	4,17	0,58	0,05	2	41,4
Белок за 305 дней лактации, %	2	758	3,21	0,002	3,2	3,05	3,56	0,51	0,051	2	41,4
Жир за 305 дней лактации, %	7	586	3,78	0,003	3,75	3,64	4,01	0,37	0,051	1,9	41,2

Представленные данные демонстрируют приоритет по белку и жиру подавляющего большинства предприятий, на которых возможно искажение данных первичного зоотехнического учёта. На это в первую очередь указывают коэффициент вариации и лимиты изменчивости. Максимальный удой за всю лактацию 72128 кг объясняется ошибкой ввода вследствие человеческого фактора, а средний уровень был достаточно низким и мог быть также преднамеренно изменён. На это косвенно указывали низкие значения средних арифметических 9 и 10 хозяйств. Минимальные значения удоя за всю лактацию 664 и 132 кг

могли свидетельствовать о раннем выбытии животного по причине болезни.

Возможные искажения могут быть частично нивелированы предварительным усечением входной информации в границах, значения вариант за пределами которых с большой долей вероятности являются необъективными (табл. 3). Такой подход приведёт к снижению числа выбросов и повышению точности перспективных математических моделей в отдельных случаях до 80% [12]. Для молочных пород скота, отличных от чернопёстрой и голштинской, приведённые границы могут отличаться.

Таблица 3

Предлагаемые границы усечения признаков молочной продуктивности и воспроизводительных качеств молочного скота

Proposed truncation limits for signs of milk productivity and reproductive qualities of dairy cattle

Параметр	Значения по базам*	Приемлемые границы
Возраст первого плодотворного осеменения, мес	От 6,9±1,04 до 116,4±8,7	13–18
Сухостойный период	От -1,2±0,2 до 373,2±72,4	30–120
Сервис-период	От 13,2±1,8 до 1012,6±106,7	30–120
Межотельный период	От 236,9±14,9 до 1226,5±98,4	350–470

Искажение процентного содержания жира и белка в молоке может выражаться заполнением одного «округлённого» значения (рис. 1, Б). При этом зачастую количество вариант непропорционально меньше объёма выборки. При учёте молочной продуктивности наблюдаются многовершинность гистограммы

(см. рис. 1, А) и отклонение распределения квантилей от теоретически ожидаемого (см. рис. 1, Б–Г). Поэтому одной из рекомендаций проверки корректности внесения первичных данных является проверка с помощью гистограмм и графиков распределения квантилей.

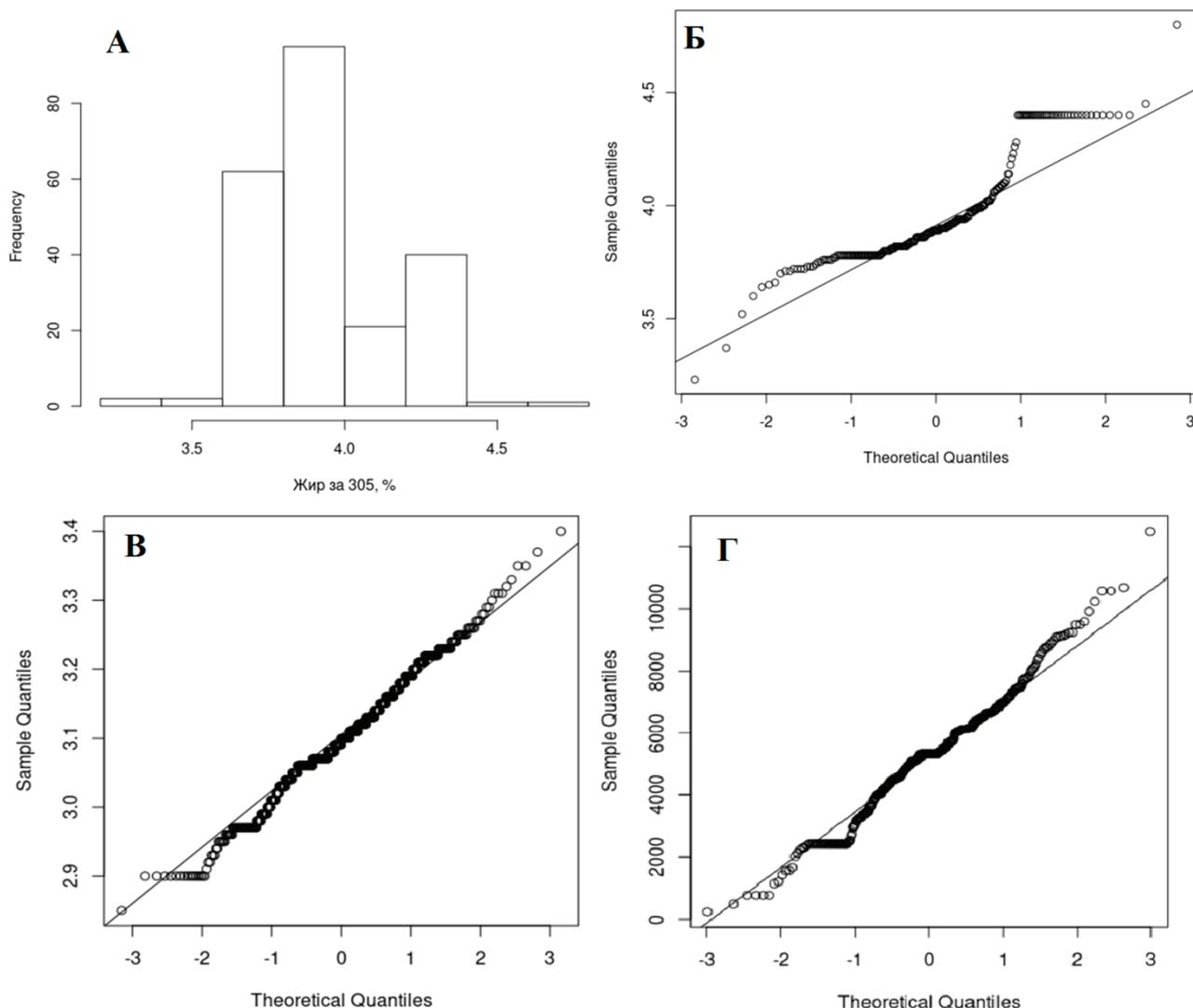


Рис. 1. Гистограмма распределения молочного жира, % (А) и графики квантиль–квантиль молочного жира, % (Б), молочного белка, % (В) и удоя, кг (Г)

Fig. 1. Histogram of milk fat distribution, % (A) and quantile-quantile graphs of milk fat, % (B), milk protein, % (C), and milk yield, kg (D)

Оценка распределения признаков молочной продуктивности на соответствие гауссову распределению (см. табл. 2) и графический подход (см. рис. 1) представляются одним из возможных методов, автоматизирующих поиск возможных ошибок первичного материала. В эмпирических данных маловероятно появление одинаковых значений вариант по сравнению с ожидаемыми уровнями [17]. Это утверждение коррелирует с тем утверждением, что в начале ранжированного списка располагаются признаки, в намеренном изменении которых специалисты хозяйств заинтересованы в большей степени. Причиной тому являются существующие требования при проведении бонитировки, и поэтому удой

здесь встречался не так часто. С другой стороны, несоблюдение требований при отборе для исследования проб в лабораториях селекционного контроля качества молока также может приводить к появлению смещения исходных значений.

Другим источником преднамеренных изменений могут быть генеалогические деревья. Исследование генеалогических структур позволило обнаружить наиболее часто встречаемые варианты ошибок – зацикливания и дублирования. Тем не менее в ряде случаев можно было наблюдать случаи преднамеренной фальсификации этого вида данных, когда к одной матери приписывалось слишком много потомков (рис. 2).

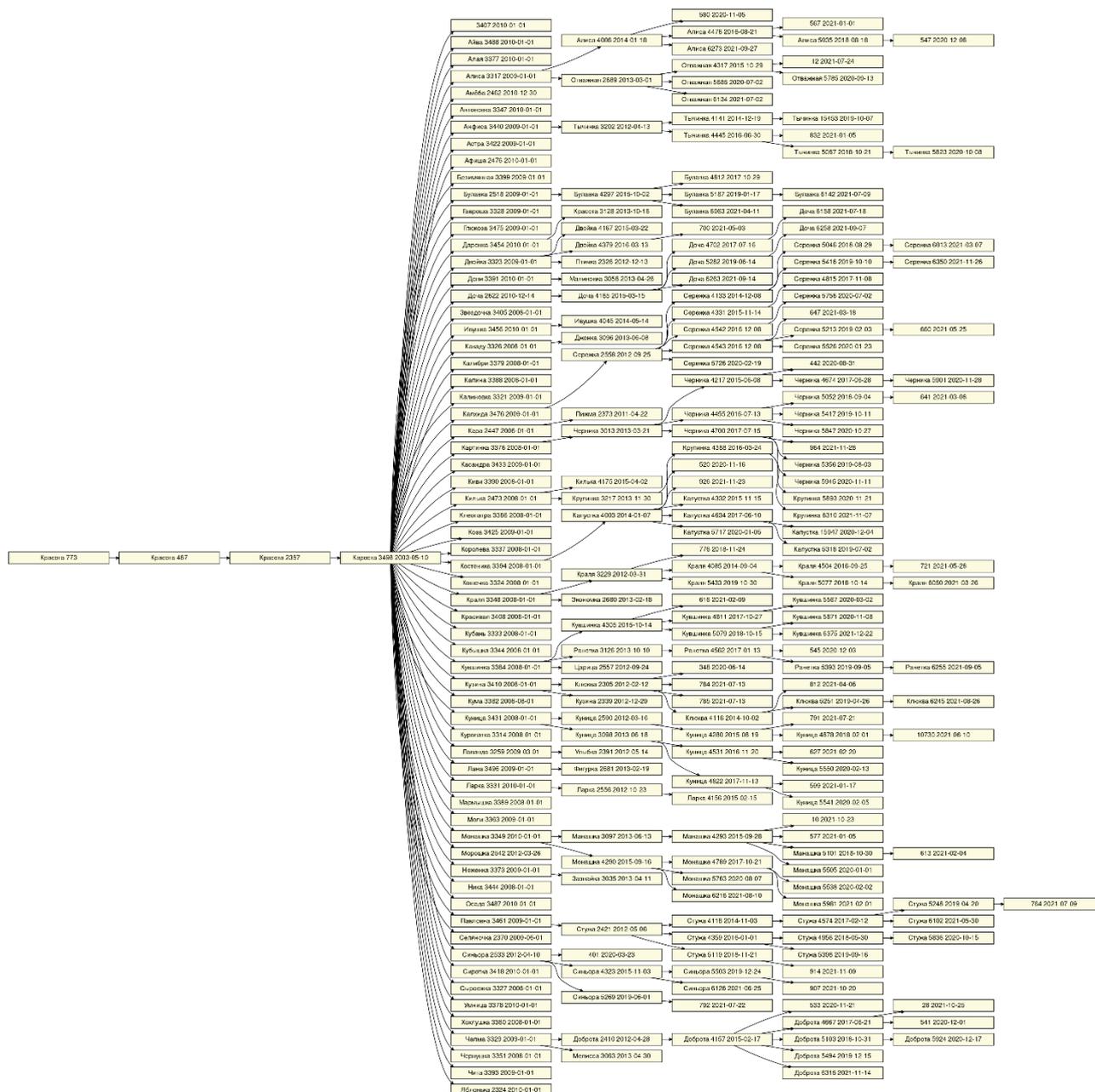


Рис. 2. Пример недостоверного генеалогического дерева семейства

Fig. 2. An example of an invalid family tree of a family

Несложно предположить, что при оценке достоверности происхождения по группам крови, микросателлитному профилю или SNP в таких хозяйствах количество неподтвержденных записей будет велико. Такое явление создаёт дополнительные трудности в приведении первичного электронного учёта к необходимому уровню и может быть связано с недостаточно высокой квалификацией зоотехников-селекционеров и племучётчиков или низким уровнем производственной культуры.

ВЫВОДЫ

1. Предложен подход, позволяющий выявлять факты искажения данных первичного зоотехнического учёта в молочном скотоводстве с использованием критерия Андерсона-Дарлингга и методов визуализации эмпирических распределений.

2. Преднамеренное искажение или ошибки, связанные с функционированием лабораторий селекционного контроля качества молока, чаще всего наблюдаются в отношении признаков, оцениваемых при бонитировке.

3. Автоматизация анализа генеалогической структуры стада позволит своевременно выявлять факты преднамеренного искажения и повышать производственную культуру профильных специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Factors* affecting genetic improvement for milk production of dairy cattle at farm level in Central Thailand / M. Sarakul, S. Koonawootrittriron, T. Suwanasopee, M. A. Elzo, A. Hirunwong, T. Thongprapi // *Proceedings of the 48th Kasetsart University Conference, Animals*, February 3-5, 2010. – Bangkok (Thai), 2010. – P. 150–157.
2. *The future of phenomics in dairy cattle breeding* / J.B. Cole, S.A.E. Eaglen, C. Maltecca [et al.] // *Anim Front.* – 2020. – Vol. 10, N 2. – P. 37–44. – DOI: 10.1093/af/vfaa007.
3. *Hill W.B.* Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes // *Livestock Production Science*. 2000. – Vol. 63. – P. 99–109. – DOI: 10.1016/S0301-6226(99)00115-3.
4. *Tropical milk production systems and milk quality: a review* / E.J. Ramírez-Rivera, J. Rodríguez-Miranda, I.R. Huerta-Mora [et al.] // *Trop Anim Health Prod.* – 2019. – Vol. 51. – P. 1295–1305. – DOI:10.1007/s11250-019-01922-1.
5. *Strategies to improve the efficiency of beef cattle production* / S.A. Terry, J.A. Basarab, L.L. Guan, T.A. McAllister // *Canadian Journal of Animal Science.* – 2020. – Vol. 101, N 1. – P. 1–19. – DOI:10.1139/cjas-2020-0022.
6. *Mrode R.A.* Linear models for the prediction of animal breeding values. – Wallingford: CAB International Publ., 2014. – 360 p.
7. *Use of Random Regression Test-Day Model to Estimate Genetic Parameters of Milk Yield in Holstein Cows* / Y. Fazel, M. Fozi, A. Esmailzadeh [et al.] // *Open Journal of Animal Sciences.* – 2018. – Vol. 8. – P. 27–38. – DOI: 10.4236/ojas.2018.81003.
8. *Inoue K.* Application of Bayesian causal inference and structural equation model to animal breeding // *Anim Sci J.* – 2020. – Vol. 91, N 1. – P. e13359. – DOI: 10.1111/asj.13359. PMID: 32219948; PMCID: PMC7187322.
9. *Bayesian estimation of genetic variance and response to selection on linear or ratio traits of feed efficiency in dairy cattle* / M.S. Islam, J. Jensen, P. Løvendahl [et al.] // *J Dairy Sci.* – 2020. – Vol. 103, N 10. – P. 9150–9166. – DOI: 10.3168/jds.2019-17137.
10. Assessment of the variability of reproductive abilities of a black and white cattle using genealogical data and paratypical factors / E.V. Kamaldinov, O.D. Panferova, O.V. Efremova, V.G. Marenkov, A.F. Petrov, I.N. Ryumkina // *Data in Brief.* – 2021. – Vol. 35. – P. 106842. – DOI: 10.1016/j.dib.2021.106842.
11. *Моделирование объема туловища по линейным признакам скота ирменского типа* / А.Ф. Петров, Е.В. Камалдинов, О.Д. Панферова [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – 2020. – № 50 (6). – С. 106–114. – DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-12.
12. *Роль фиксированных факторов в изменчивости удоя скота ирменского типа в условиях промышленного комплекса* / А.Ф. Петров, Е.В. Камалдинов, О.В. Богданова [и др.] // *Вестник НГАУ.* – 2021. – № 4 (61). – С. 137–149. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-137-149.
13. *Hu Z.-S., Park C.A., Reesy J.M.* Building a livestock genetic and genomic information knowledgebase through integrative developments of Animal QTLdb and CorrDB // *Nucleic Acids Research.* – 2019. – Vol. 47, N D1. – P. D701–d710. – DOI: 10.1093/nar/gky1084.
14. *Nayeri S., Sargolzaei M., Tulpan D.* A review of traditional and machine learning methods applied to animal breeding // *Anim Health Res Rev.* – 2019. – Vol. 20, N 1. – P. 31–46. – DOI: 10.1017/s1466252319000148.
15. *Data quality in recommender systems: the impact of completeness of item content data on prediction accuracy of recommender systems* / B. Heinrich, M. Hopf, D. Lohninger, [et al.] // *Electron Markets.* – 2021. – Vol. 31. – P. 389–409. – DOI: 10.1007/s12525-019-00366-7.
16. *Лепехина Т.В., Бакай А.В., Бакай Ф.Р.* Изменчивость и повторяемость признаков молочной продуктивности у коров черно-пестрой породы // *Зоотехния.* – 2018. – № 12. – С. 10–11.

17. *Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход* / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 888 с.

REFERENCES

1. Sarakul M., Koonawootrittriron S., Suwanasopee T., Elzo M.A., Hirunwong A., Thongprapi T., Factors affecting genetic improvement for milk production of dairy cattle at farm level in Central Thailand, *Proceedings of the 48th Kasetsart University Conference, Animals, February 3-5, 2010, Bangkok (Thai), 2010*, pp. 150–157.
2. Cole J.B., Eaglen S.A.E, Maltecca C., Mulder H.A., Pryce J.E., The future of phenomics in dairy cattle breeding, *Anim Front.*, 2020, Vol. 10, No. 2, pp. 37–44, DOI: 10.1093/af/vfaa007.
3. Hill W.B., Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes, *Livestock Production Science*, 2000, Vol. 63, pp. 99–109, DOI: 10.1016/S0301-6226(99)00115-3.
4. Ramírez-Rivera E.J., Rodríguez-Miranda J., Huerta-Mora I.R., Cárdenas-Cágal A., Juárez-Barrientos J.M., *Tropical milk production systems and milk quality: a review. Trop Anim Health Prod.*, 2019, Vol. 51, pp. 1295–1305, DOI:10.1007/s11250-019-01922-1.
5. Terry S.A., Basarab J.A., Guan L.L., McAllister T.A., Strategies to improve the efficiency of beef cattle production, *Canadian Journal of Animal Science*, 2020, Vol. 101, No. 1, pp. 1–19, DOI:10.1139/cjas-2020-0022.
6. Mrode R.A., *Linear models for the prediction of animal breeding values*, Wallingford: CAB International Publ., 2014, 360 p.
7. Fazel Y., Fozi M., Esmailzadeh A., Fazel F., Niazi A., Rahmati S., Qasimi M., Use of Random Regression Test-Day Model to Estimate Genetic Parameters of Milk Yield in Holstein Cows, *Open Journal of Animal Sciences*, 2018, Vol. 8, pp. 27–38, DOI: 10.4236/ojas.2018.81003.
8. Inoue K., Application of Bayesian causal inference and structural equation model to animal breeding, *Anim Sci J.*, 2020, Vol. 91, No. 1, pp. e13359, DOI: 10.1111/asj.13359. PMID: 32219948; PMCID: PMC7187322.
9. Islam M.S., Jensen J., Løvendahl P., Karlskov-Mortensen P., Shirali M., Bayesian estimation of genetic variance and response to selection on linear or ratio traits of feed efficiency in dairy cattle, *J Dairy Sci.*, 2020, Vol. 103, No. 10, pp. 9150–9166, DOI: 10.3168/jds.2019-17137.
10. Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Marenkov V.G., Petrov A.F., Ryumkina I.N., Assessment of the variability of reproductive abilities of a black and white cattle using genealogical data and paratypical factors, *Data in Brief.*, 2021, Vol. 35, pp. 106842, DOI: 10.1016/j.dib.2021.106842.
11. Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Rogozin V.A., *Sibirskij vestnik sel'skhoz'jajstvennoj nauki*, 2020, No. 50 (6), pp. 106–114, DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-12. (In Russ.)
12. Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Shatokhin K.S., Efremova O.V., Rogozin V.A., *Vestnik NSAU*, 2021, No. 4, pp. 137–149, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-61-4-137-149. (In Russ.)
13. Hu Z.-S., Park C.A., Reecy J.M., Building a livestock genetic and genomic information knowledgebase through integrative developments of Animal QTLdb and CorrDB, *Nucleic Acids Research*, 2019, Vol. 47, No. D1, pp. D701–d710, DOI: 10.1093/nar/gky1084.
14. Nayeri S., Sargolzaei M., Tulpan D., A review of traditional and machine learning methods applied to animal breeding. *Anim Health Res Rev.*, 2019, Vol. 20, No. 1, pp. 31–46, DOI: 10.1017/s1466252319000148.
15. Heinrich B., Hopf M., Lohninger, D., Schiller A., Szubartowicz M., Data quality in recommender systems: the impact of completeness of item content data on prediction accuracy of recommender systems, *Electron Markets*, 2021, Vol. 31, pp. 389–409, DOI: 10.1007/s12525-019-00366-7.
16. Lephina T.V., Bakaj A.V., Bakaj F.R., *Zootehnika*, 2018, No. 12, pp. 10–11. (In Russ.)
17. Lemeshko B.Y., Lemeshko S.B., Postovalov S.N., Chimitova E.V., *Statisticheskij analiz dannyh, modelirovanie i issledovanie veroyatnostnyh zakonornostej. Komp'yuternyj podhod* (Statistical data analysis, modeling and probabilistic patterns research. Computer approach), Novosibirsk state technical university Publ., 888 pp.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ КОРОВ С СЕРОЗНЫМ МАСТИТОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА ЦИНКА

М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент

Е.С. Кошман, студент

С.В. Мезенцева, аспирант

А.Р. Муратова, студент

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, серозный мастит, Биоцинк, продуктивность, хелаты.

Реферат. Показана терапевтическая эффективность препарата Биоцинк при лечении крупного рогатого скота с серозным маститом. Выявлено снижение количества соматических клеток в молоке у коров опытной группы до 170 тыс., что соответствует молоку от здорового животного. У коров опытной группы наблюдалась положительная динамика качества молока. У пяти коров она проявилась через 12 ч после первого введения в виде уменьшения выделений хлопьев из пораженной четверти, молоко было водянистым. К третьему дню у всех коров опытной группы молоко было водянистым, без хлопьев, белого цвета. Отмечена положительная динамика во время лечения болезни к концу первого дня лечения в обеих испытываемых группах. У животных опытной группы, в схему лечения которых включили препарат Биоцинк, полное выздоровление отмечали у 10 голов, что составило 100%. Полное выздоровление наступило через $3,00 \pm 0,15$ суток. Терапевтическая эффективность 100%. В контрольной группе выздоровело 7 коров (70%). Гематологическим исследованием выявлено повышение уровня гемоглобина на 15,52 г/л (18,1 %) в опытной группе животных и количества эритроцитов на $0,88 \times 10^{12}/л$ ($P < 0,05$). Биохимическими исследованиями сыворотки крови установлено, что у коров с серозным маститом наблюдаются изменения таких показателей, как белок, билирубин, аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартатаминотрансфераза (АСТ). После проведенного лечения у коров в опытной группе наблюдалось понижение содержания белка на 21,5% ($P < 0,01$). Значения АСТ в контрольной группе снизились на 35,2%, в опытной – на 42,6%. Значения АЛТ также имели тенденцию к снижению на 38,7% в контрольной группе и на 48,6% в опытной ($P < 0,001$).

EFFECTIVENESS OF SEROUS MASTITIS TREATMENT OF COWS USING ZINC CHELATE COMPLEX

M.V. Lazareva, Ph.D. in Veterinary Science, Associate Professor

E.S. Koshman, Student

S.V. Mezentseva, PhD student

A.R. Muratova, Student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Keywords: cattle, serous mastitis, Biozinc, productivity, chelates.

Abstract. The article presents the therapeutic efficacy of Biozinc in the treatment of cattle with serous mastitis. The authors revealed a decrease in the number of somatic cells in milk in the experimental group of cows to 170 thousand, which corresponds to the milk from a healthy animal. Cows in the experimental group showed a positive trend in milk quality. Five cows had watery milk. Positive changes in milk quality were evident 12 hours after the first injection in the form of a reduction in flake secretion from the affected quarters. Milk was watery in all cows of the experimental group by the third day, without flakes and white color. The authors note a positive trend during disease treatment by the end of the first day of treatment in both test groups. Complete recovery was noted in ten animals, which was 100%, in the experimental group, which were treated with Biozinc. Complete recovery occurred after 3.00 ± 0.15 days. The therapeutic efficacy was 100%. In the control group, seven cows (70%) recovered. A hematological examination revealed a 15.52 g/l (18.1 %) increase in hemoglobin level in the experimental group of animals and a $0.88 \times 10^{12}/l$ ($P < 0.05$) increase in erythrocyte count. Through serum biochemical studies, the authors found that cows with serous mastitis showed changes in such parameters as protein, bilirubin, alanine

aminotransferase (ALAT), and aspartate aminotransferase (ASAT). Cows in the experimental group showed a 21.5% ($P < 0.01$) decrease in protein content after treatment. The values of ASAT in the control group decreased by 35.2%, and in the experimental group - by 42.6%. The values of ALAT also tended to decrease by 38.7% in the control group and by 48.6% in the experimental group ($P < 0.001$).

На сегодняшний день мастит считается самой часто встречаемой гинекологической патологией у коров. Ущерб от данного заболевания значительно превышает убытки от инфекционных болезней крупного рогатого скота. Общие потери уже после первой лактации сравнимы с недополучением 15–18% годового удоя. В хозяйствах выбраковывается ежегодно по причине мастита не менее 17% коров. У 50% и более лактирующих животных выявляется скрытая форма мастита. Выращивание полноценного молодняка зависит в значительной мере от состояния и функции молочной железы лактирующих коров [1–3]. У коров после перенесённой болезни молочная продуктивность может совершенно утратиться или восстановиться лишь частично по причине атрофии одной или нескольких долей вымени. Известно также, что при этом может возникать патологическое изменение тканей соска, которое часто сопровождается тугодойностью или лактореей [4].

Основным источником макро- и микроэлементов для животных являются корма. Сниженный уровень их в кормах зависит от многих причин: недостаточность содержания их в почвах, которая влечет дефицит минеральных веществ и в кормах, выращенных на ней; нарушение правил заготовки кормов; неправильное хранение кормов и др. [5]. Микроэлементозы приводят к нарушению обмена веществ, вызывающему вторичные иммунодефициты и проявляющемуся различными патологиями, в том числе и акушерско-гинекологическими [6, 7, 3]. В связи с этим возникает необходимость введения в схемы лечения новых средств, включающих микро- и макроэлементы.

В обмене веществ цинк – незаменимый минерал. Он входит в состав более 300 ферментов и очень важен для здоровья вымени. Клеточный иммунитет изменяется в зависимости от обеспеченности организма цинком. Снижение образования в организме Т- и В-лимфоцитов, а также фагоцитов обусловлено дефицитом цинка. Потребность крупного рогатого скота в цинке повышается в пренатальный период, при восстановлении после отела вследствие ослабления иммунитета (из-за дефицита энергии) и стремительного роста молочной продуктивности на фоне низкого потребления корма, а также при воздействии

на организм различных стресс-факторов (гипертермия, высокая микробная нагрузка и др.). Органически связанные (хелатные) соединения цинка характеризуются лучшей абсорбцией по сравнению с неорганическими формами этого элемента. По мнению многих авторов, включение цинка в необходимом количестве в рационы для коров способствует поддержанию их здоровья и защите от негативных последствий острого воспаления молочной железы, вызванного патогенными микроорганизмами [8].

И.С. Коба с соавторами [9] отмечено, что гели и кремы на основе хелата цинка, предназначенные для лечения мастита, имеют показатели противовоспалительной активности. Гель на основе хелата цинка тормозит экссудацию при остром воспалении, обладает хорошо выраженным регенеративным свойством. При введении в рацион животных цинк-метионина отмечали укрепление целостности эпителия молочной железы, снижение количества соматических клеток и повышение продуктивности животных [10].

Большое значение имеет профилактика и лечение гиперкератоза сосков молочной железы для улучшения состояния вымени. При изучении эффективности применения кремнийцинксодержащих глицерогидрогелей для профилактики и лечения заболеваний сосков молочной железы у коров были выявлены незначительные утолщения эпидермиса сосков (13,6%). Количество сосков с изменением в виде рельефной круговой мозоли увеличилось в 1,5 раза (составило 70,5%), с поражением в виде гиперкератоза – сократилось в 3,5 раза (на 34,1%), а в виде осложненного гиперкератоза – в 2 раза (на 2,3%) [11].

Введение в рационы высокопродуктивных коров комплексного препарата наночастиц железа, меди, цинка, кобальта, марганца и селена способствовало снижению удельного веса кормов в структуре себестоимости и получению дополнительной продукции в количестве 105,3 и 163,8 руб. от одной коровы за период исследований. Использование в рационах высокопродуктивных коров наночастиц способствовало увеличению среднесуточной продуктивности молока 3,6%-й жирности на 0,9 и 1,4 кг, или на 4,1 и 6,4% по отношению к контрольной группе животных. [12].

Цель работы – изучение эффективности схем лечения коров с серозным маститом при использовании хелатного комплекса цинка.

Задачи:

1. Изучить терапевтическую эффективность различных схем лечения коров с серозным маститом.

2. Изучить морфологический и биохимический состав крови коров при различных схемах лечения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательская работа была проведена в хозяйстве ООО «Сиб-Колос», расположенном в Тогучинском районе Новосибирской области. Объектом исследования служили коровы черно-пестрой породы молочного направления.

Диагноз на мастит клинического и субклинического течения ставили на основании

исследования молочной железы методом пальпации и характеристики отделяемого экссудата. Выявление показателей секрета проводили при помощи экспресс-тест-системы Кенотест. Для диагностики брали пробы молока по 2 мл и 2 мл Кенотеста. С помощью молочно-контрольной пластинки и самого раствора Кенотест определяли количество соматических клеток (СК) в молоке.

В опыте участвовали животные в возрасте от 3 до 5 лет на одних стадиях лактации и обладающие схожими признаками проявления серозного мастита. Было сформировано две группы коров (контрольная, опытная) молочного направления с диагнозом серозный мастит. Каждая группа состояла из 10 голов. Лечение обеих групп проводили препаратами Энрофлон гель, Элеовит, Мастисепт. В схему лечения опытной группы включили препарат Биоцинк, представляющий собой хелатный комплекс цинка. Биоцинк вводили внутрь в дозе 0,2 мл/кг массы животного 1 раз в сутки в течение 21 дня (табл. 1).

Таблица 1

Схемы лечения коров с серозным маститом

Treatment regimens for cows with serous mastitis

Группа	Препарат	Способ применения	Доза	Кратность	Ограничения на молоко, ч
Контрольная (n=10)	Энрофлон гель	Интрацистернально	7,5 мл	2 раза в сутки, 3 дня	72
	Элеовит	Внутримышечно	6 мл	1 раз в сутки, 3 дня	-
	Мастисепт	Наружно		2 раза в сутки 3 дня	72
Опытная (n=10)	Энрофлон гель	Интрацистернально	7,5 мл	2 раза в сутки, 3 дня	72
	Элеовит	Внутримышечно	6 мл	1 раз в сутки, 3 дня	-
	Мастисепт	Наружно		2 раза в сутки 3 дня	72
	Биоцинк	Внутри	0,2 г/кг	1 раз в сутки, 21 день	-

В ходе лечения проводили клиническое исследование животных. Оценивали состояние молочной железы, учитывая изменение ее внешнего вида, наличие болезненности и уплотнений при пальпации, местную температуру, а также общее состояние (угнетение, наличие аппетита).

Кровь для морфологических и биохимических исследований у животных опытных и контрольных групп отбиралась утром до кормления, для биохимических исследований – без консервантов, для морфологических – с использованием гепарина. Исследование проводилось на базе лаборатории кафедры фар-

макологии и общей патологии факультета ветеринарной медицины Новосибирского ГАУ. Количественные гематологические показатели крови изучали с помощью автоматического гематологического анализатора 3 dif Vet Auto Hematology Analyzer BC-2800. Изучение биохимических показателей в сыворотке крови проводилось с помощью биохимического анализатора открытого типа iMagic-V7 (версия для ветеринарии), производитель Shenzhen iCubio Biomedical Technology Co., Ltd, Китайская народная республика.

Статистическая обработка полученных цифровых данных проводилась с использованием Microsoft Office Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе секрета молочной железы у коров испытываемых групп с помощью экспресс-тест-системы Кенотест до проведения лечения выявили наличие соматических клеток в количестве до 5 млн. При этом наблюдали, что в процесс воспаления вовлечены не все четверти вымени. На третий день после проведения лечения коров в контрольной группе выявлено 3 головы с количеством СК в молоке больше нормы (до 1 млн). У коров опытной группы количество соматических клеток было до 170 тыс., что соответствовало молоку от здорового животного.

При клиническом исследовании больных животных отмечали угнетение, повышение местной температуры вымени, упругость молочной железы, у некоторых коров наблюдалась болезненность, гиперемия вымени.

Во время лечения коров контрольной группы выявили незначительное снижение местной температуры на утро второго дня у 3 голов, на третий день температура значительно снизилась у 5 голов и нормализовалась к вечеру третьего дня у 8 голов. Болевая реакция на пальпацию пораженных долей вымени в первый день лечения наблюдалась у всех коров контрольной группы. На второй день лечения у 4 голов контрольной группы не отмечалось боли. К вечеру третьего дня у 8 голов контрольной группы болезненность была слабо выражена. И лишь на третьи сутки наблюдали отсутствие болезненности у всех животных контрольной группы. Гиперемия

вымени на протяжении первых суток лечения наблюдается у 9 коров контрольной группы, у одной коровы к вечеру первого дня происходит снижение этого признака. Во вторые сутки наблюдается незначительное снижение у 7 голов, к третьим суткам гиперемия начинает уменьшаться еще у 3 голов и полностью проходит на третьи сутки у всех животных контрольной группы. Консистенция молочной железы у коров контрольной группы пришла в физиологическую норму у 7 коров к третьему дню лечения.

В опытной группе коров к утру второго дня снижение местной температуры наблюдалось у 6 голов, к вечеру – еще у 7. Нормализация местной температуры вымени произошла на третьи сутки у всех 10 голов опытной группы. Болевая реакция на пальпацию пораженных долей вымени снизилась на второй день лечения у 6 голов. К вечеру третьего дня болезненность при сдаивании прошла у всех оставшихся животных опытной группы. Гиперемия вымени у коров уменьшилась к вечеру в первый день лечения, полное исчезновение данного признака наблюдалось на третьи сутки. В процессе лечения наблюдалось изменение консистенции пораженных долей вымени. На третий день лечения она стала мягкой у всех 10 голов опытной группы.

Положительная динамика во время лечения болезни проявляется к концу первого дня лечения в обеих испытываемых группах. У животных опытной группы, в схему лечения которых включили препарат Биоцинк, полное выздоровление отмечали у 10 голов, что составило 100%. Полное выздоровление наступило через $3,00 \pm 0,15$ суток. Терапевтическая эффективность 100% (табл. 2). В контрольной группе выздоровело 7 коров (70%), 3 коровы нуждаются в продолжении лечения.

Таблица 2

Терапевтическая эффективность различных схем лечения
Therapeutic effectiveness of different treatment regimens

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Выздоровело с полным восстановлением продуктивности, гол.	7 (70%)	10 (100%)
Отклонение от нормы количества соматических клеток в молоке, гол.	3	0
Осталось больных, гол.	3	0
Срок выздоровления, сут	$3,85 \pm 0,34$	$3,00 \pm 0,15^*$
Терапевтическая эффективность, %	70	100

* Достоверно при $P < 0,05$.

У коров опытной группы наблюдалась положительная динамика качества молока. У пяти коров она проявилась через 12 ч после первого введения, а именно: выделение хлопьев из пораженной четверти уменьшалось, молоко было водянистым. К третьему дню у всех коров опытной группы молоко было водянистым, без хлопьев, белого цвета. В контрольной группе только у двух коров наблюдалось улучшение качества молока при исследовании на второй день. К концу третьего дня у 7 коров молоко водянистое, белого цвета, без сгустков. У 3 коров все еще наблюдались

признаки воспаления: хлопьевидные сгустки, молоко желтоватого цвета.

Таким образом, наибольшей терапевтической эффективностью лечения коров с серозным маститом обладает схема с включением препарата Биоцинк.

В результате гематологического исследования крови коров контрольной и опытной групп выявлено, что содержание лейкоцитов превышает норму. Остальные показатели находились в физиологических пределах (табл. 3).

Таблица 3

Гематологические показатели при применении различных схем лечения коров с серозным маститом

Hematological parameters of different treatment regimens for cows with serous mastitis

Показатели	Физиологическая норма	Группа			
		контрольная		опытная	
		до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	5,0–16,0	17,47 \pm 0,41	13,66 \pm 0,43	18,28 \pm 0,41	13,34 \pm 0,85***
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	5,0–10,0	5,62 \pm 0,28	6,36 \pm 0,29	6,15 \pm 0,27	7,03 \pm 0,16*
Гемоглобин, г/л	90–139	85,10 \pm 2,81	94,62 \pm 2,18	86,99 \pm 3,28	102,51 \pm 2,92**
Гематокрит, %	28,0–46,0	27,56 \pm 0,81	31,21 \pm 0,83	27,99 \pm 1,24	32,34 \pm 0,91*
Средний объем эритроцитов, фл	38,0–53,0	49,72 \pm 1,74	50,01 \pm 0,76	46,84 \pm 1,46	47,68 \pm 0,62*
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	13,0–19,0	15,34 \pm 0,47	15,98 \pm 0,69	14,48 \pm 0,52	15,24 \pm 0,44
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	300,0–370,0	308,62 \pm 1,55	311,25 \pm 2,28	310,41 \pm 2,76	315,55 \pm 1,79

Примечание. Здесь и далее: *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001.

После проведенного лечения количество лейкоцитов в контрольной группе снизилось до 13,66 \pm 0,43 $\times 10^9/\text{л}$ (на 21,81%), в опытной – до 13,34 \pm 0,85 $\times 10^9/\text{л}$ (на 27,02%) (P<0,001), а количество эритроцитов увеличилось на 0,74 $\times 10^{12}/\text{л}$, и на 0,88 $\times 10^{12}/\text{л}$ (P<0,05) соответственно.

Уровень гемоглобина до лечения и в контрольной, и опытной группах находился ниже физиологической нормы. После проведенного лечения произошло увеличение его в контрольной группе на 9,52 г/л (11,2 %). В опытной группе уровень гемоглобина повысился на 15,52 г/л (18,1 %).

Наблюдалась тенденция к увеличению среднего объема эритроцитов: в контрольной

группе – на 0,6%, в опытной – на 1,8%. Так как гематокрит зависит от массы эритроцитов, среднего объема эритроцитов, то их увеличение ведет к повышению гематокрита.

Изменение среднего содержания гемоглобина в эритроците и средней концентрации гемоглобина в эритроците после проведенного лечения было незначительным, не имело достоверной значимости, и показатели находились в пределах физиологической нормы.

Анализ лейкоцитарной формулы показал, что количество лимфоцитов, моноцитов и гранулоцитов у коров подопытных групп также не выходило за пределы физиологической нормы (табл. 4).

Таблица 4

Показатели лейкоцитарной формулы при применении различных схем лечения коров с серозным маститом

Leukocyte formula values with different treatment regimens for cows with serous mastitis

Показатель	Физиологическая норма	Группа коров			
		контрольная		опытная	
		до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Лимфоциты, x10 ⁹ /л	1,5–9,0	2,44±0,26	2,25±0,54	2,66±0,61	2,48±0,27
Моноциты, x10 ⁹ /л	0,3–1,6	0,62±0,02	0,63±0,03	0,72±0,08	0,76±0,06
Гранулоциты, x10 ⁹ /л	2,3–9,1	4,64±0,31	3,58±0,28	4,53±0,62	3,47±0,51
Лимфоциты, %	20,0–60,3	33,16±3,58	34,83±2,39	33,63±2,87	36,96±2,46
Моноциты, %	4,0–12,1	8,41±0,42	9,75±0,27	9,10±0,38	11,33±0,39**
Гранулоциты, %	30,0–65,0	61,76±2,47	55,42±2,22	57,3±2,66	51,71±2,13

Количество гранулоцитов в контрольной группе коров после проведенного лечения уменьшилось на 22,7%, в опытной группе – на 23,3%. Это характерно при снижении интоксикации и других состояний, сопровождающихся накоплением продуктов клеточного и тканевого распада.

Снижение количества лимфоцитов наблюдалось у коров всех подопытных групп, при этом процентное содержание лимфоцитов увеличилось, что явилось следствием снижения абсолютного числа гранулоцитов и повышения абсолютного числа моноцитов.

После проведенного лечения в контрольной группе количество моноцитов возросло на 1,5%, в опытной – на 8,7% (P<0,01), что говорит о тенденции к повышению ответной защитной реакции организма.

Таким образом, исследование морфологического состава крови коров показало более эффективные результаты лечения в опытной группе, где наблюдали достоверное увеличение уровня эритроцитов на 0,88 x 10¹²/л, гемоглобина – на 15,52 г/л (18,1%) и снижение количества лейкоцитов на 27,02%. Схема лечения опытной группы нормализует обменные процессы в организме коров, что выражается в положительной динамике изменений морфологического состава крови.

Биохимическими исследованиями сыворотки крови установлено, что у коров с серозным маститом наблюдаются изменения таких показателей, как белок, билирубин, аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартатаминотрансфераза (АСТ). Показатели креатинина и мочевины находятся в пределах физиологической нормы (табл. 5).

Увеличение количества белка в крови указывает на хроническое воспалительное заболевание, а билирубина – на интоксикацию организма продуктами белкового обмена.

После проведенного лечения у коров в контрольной группе наблюдалось понижение содержания белка на 15,8%, в опытной – на 21,5% (P<0,01).

Концентрация билирубина в контрольной группе снизилась на 13,9%, в опытной – на 21,3% (P<0,001).

Значения АСТ и АЛТ имели тенденцию к снижению у коров всех групп, что подтверждает противовоспалительное действие используемых схем лечения. Значения АСТ в контрольной группе снизились на 35,2%, в опытной – на 42,6%. Значения АЛТ также имели тенденцию к снижению: на 38,7% в контрольной группе, на 48,6% – в опытной (P<0,001).

Таблица 5

Результаты биохимического анализа крови при применении различных схем лечения коров с серозным маститом

Results of biochemical blood analyses of different treatment regimens of cows with serous mastitis

Показатель	Физиологическая норма	Группа			
		контрольная		опытная	
		до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
1	2	3	4	5	6
Белок, г/л	25,8–39,7	47,84±1,52	40,28±2,48	48,73±3,18	38,25±2,13**
Креатинин, мкмоль/л	44,3–138,4	86,89±19,81	85,77±5,27	71,79±3,12	70,25±2,36

1	2	3	4	5	6
Мочевина, мкмоль/л	3,1–9,2	9,93±4,67	8,54±1,62	9,16±0,30	7,78±0,52*
АСТ, Е/л	8,6–48,5	72,23±18,14	46,81±3,31	65,11±4,26	37,37±2,51***
АЛТ, Е/л	8,2–57,3	62,37±1,79	38,23±1,50	67,59±1,77	34,74±1,29***
Билирубин, мкмоль/л	20,5–34,9	37,62±0,36	32,39±0,49	37,67±0,39	29,65±0,38***

Таким образом, выявленные изменения биохимических показателей крови при серозных маститах у коров свидетельствуют об изменении общего состояния организма. Включение в схему лечения препарата Биоцинк способствует нормализации биохимических показателей.

ВЫВОДЫ

1. Введение в схему лечения препарата Биоцинк способствует восстановлению качества молока от коров опытной группы (содержание СК меньше 170 тыс.).

2. Терапевтическая эффективность в контрольной группе составила 70%, в опытной –

100%. Сроки клинического выздоровления в опытной группе составили 3,00±0,15, в контрольной – 3,85±0,34 дня.

3. Исследование морфологического состава крови коров показало более эффективные результаты при применении схемы лечения в опытной группе, где наблюдали достоверное повышение количества эритроцитов – на 0,88 x 10¹²/л, уровня гемоглобина – на 15,52 г/л (18,1 %) и снижение содержания лейкоцитов на 27,02%. У коров в опытной группе наблюдалось понижение содержания белка на 21,5% (P<0,01). Значения АСТ в опытной группе снизились на 42,6%, АЛТ – на 48,6% (P<0,001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лучко И.Т. Воспаление молочной железы у коров (этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика): монография. – Гродно: ГГАУ, 2019. – 184 с.
2. Мезенцева С.В., Лазарева М.В., Шмидт Ю.Д. Анализ показателей молока высокопродуктивных коров при применении кормового концентрата на базе ЗАО «Обское» // Вопросы ветеринарной науки и практики: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов факультета вет. медицины Новосиб. гос. аграр. ун-та. – 2020. – С. 27–30.
3. Муратова А.Р., Лазарева М.В. Изменение показателей молока под влиянием хелатов // Там же. – 2019. – С. 86–89.
4. Лапаева П.С. Эффективность применения кремнийорганического глицерогидрогеля силативит в смеси с глицеролатом цинка при гиперкератозе сосков вымени // Молодежь и наука. – 2015. – № 1. – С. 14–14.
5. Горелик О.В., Харлап С.Ю. Молочная продуктивность коров в зависимости от условий содержания // Известия СПбГАУ. – 2019. – № 1 (54). – С. 87–92.
6. Дронов В.В. Мониторинг микроэлементозов дойного стада коров // Роль науки в удвоении валового регионального продукта: материалы XXV Междунар. науч.-произв. конф. – Белгород: издательство ФГБОУ ВО Белгород. ГАУ, 2021. – С. 10–11.
7. Лазарева М.В., Шкиль Н.А., Мезенцева С.В. Обоснование фармакологической коррекции минерального состава рационов для животных // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3. – С. 110–115.
8. Вайнер Л., Хильдебренд Б. Профилактика мастита // Животноводство России. – 2018. – С. 34–36.
9. Противовоспалительная активность геля на основе хелата цинка разрабатываемого для лечения мастита у коров / И.С. Коба, Е.Н. Новикова, Е.А. Иванова [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 1. – С. 39–45.

10. Гейгер А., Гусева О.А. Мастит и высокая соматика истощают запасы глюкозы у молочных коров // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 8. – С. 38.
11. Оценка эффективности лечения при гиперкератозе сосков вымени / А.С. Томских, М.И. Барашкин, А.С. Баркова [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 8 (150). – С. 58–63.
12. Использование наночастиц микроэлементов в рационах коров / А.И. Козинец, О.Г. Голушко, М.А. Надаринская [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2019. – № 22 (1). – С. 160–164.

REFERENCES

1. Luchko I.T., *Vospalenie molochnoj zhelezy u korov (etiologiya, patogenez, diagnostika, lechenie i profilaktika)* (Inflammation of the mammary gland in cows (etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention)), Grodno: GGAU, 2019, 184 p.
2. Mezentseva S.V., Lazareva M.V., SHmidt YU.D., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki* (Veterinary science and practice issues), Collection of works of scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Faculty of Veterinary Medicine of Novosibirsk State Agrarian University, 2020, pp. 27–30. (In Russ.)
3. Muratova A.R., Lazareva M.V., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki*. (Veterinary science and practice issues). Collection of works of scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Faculty of Veterinary Medicine of Novosibirsk State Agrarian University, 2019, pp. 86–89. (In Russ.)
4. Lapaeva P.S., *Molodezh' i nauka*, 2015, No. 1, pp. 14–14. (In Russ.)
5. Gorelik O.V., KHarlap S.YU., *Izvestiya SPbGAU*, 2019, No. 1 (54), pp. 87–92. (In Russ.)
6. Dronov V.V., *Rol' nauki v udvoenii valovogo regional'nogo produkta* (The role of science in doubling the gross regional product), Materiali XXV International Scientific and Production Conference, Belgorod: Publishing House of FSBEI HE Belgorod GAU, 2021, pp. 10–11. (In Russ.)
7. Lazareva M.V., SHkil' N.A., Mezentseva S.V., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3, pp. 110–115. (In Russ.)
8. Vajner L., KHil'debrend B., *ZHivotnovodstvo Rossii*, 2018, pp. 34–36.
9. Koba I.S., Novikova E.N., Ivanova E.A., YAnovskaya A.O., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2019, No. 1, pp. 39–45. (In Russ.)
10. Gejger A., Guseva O.A., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 8, pp. 38. (In Russ.)
11. Tomskikh A.S., Barashkin M.I., Barkova A.S., SHurmanova E.I., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2016, No. 8 (150), pp. 58–63. (In Russ.)
12. Kozinets A.I., Golushko O.G., Nadarinskaya M.A., Kozinets T.G., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2019, No. 22 (1), pp. 160–164. (In Russ.)

СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ ПРОТИВ ВАРРОАТОЗА

А.А. Плахова, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: alla.kruglikova@bk.ru

Ключевые слова: варроатоз, термокамера, заклещеванность, химические препараты, клещ *Varroa jacobsoni* (Oudemans), сетчатая камера, *Apis mellifera* L., *Apis cerana* F., лечение пчелиных семей.

Реферат. В СССР гамазовый клещ *Varroa jacobsoni* (Oudemans) впервые был обнаружен на среднеиндийских пчелах (*Apis cerana* F.). Клещи от этого вида пчел распространились и на вид *Apis mellifera* L. В планах породного испытания, внедряемого на всех пасеках СССР, появились пчелиные матки и пакеты с пчелами с Дальнего Востока, зараженного варроатозом. За короткий срок инвазия появилась на всех пасеках от Владивостока до Бреста. В настоящее время выпускается множество лекарственных препаратов от различных заболеваний пчел, которые бесконтрольно используются для лечения и профилактики. Каждое лекарство, если оно попадает с продуктами питания в организм человека, несет большую опасность. Что причиняет вред паразиту, то нанесет ущерб и хозяину. Поэтому все лекарства ослабляют иммунитет пчел, делают их еще более уязвимыми. Кафедра биологии, биоресурсов и аквакультуры Новосибирского государственного аграрного университета впервые разработала методы лечения пчел без применения лекарств. Борьбу с варроатозом осуществляли термическим способом. При термической обработке пасеки было насчитано от 200 до 1000 осыпавших клещей в одной пчелиной семье. В среднем по пасеке заклещеванность составила 2,82 % (от 0,35 до 8,5 %). Результаты термической обработки пчелиных семей показали, что это трудоемкий способ лечения, но он доступен каждому фермеру и пчеловоду и даже на производственных пасеках, где нет специального помещения, может эффективно применяться против клещей и вирусов. Нами было установлено, что клещом разносятся вирусные заболевания, и усугубляется этот процесс неблагоприятными условиями.

A MODERN WAY OF TREATING BEE FAMILIES AGAINST VARROAATOSIS

A.A. Plakhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: alla.kruglikova@bk.ru

Keywords: varroaosis, thermal chamber, pest infestation, chemicals, *Varroa jacobsoni* (Oudemans) mite, mesh chamber, *Apis mellifera* L., *Apis cerana* F., treatment of bee families.

Abstract. In the USSR, the gamase mite *Varroa jacobsoni* (Oudemans) was first found on Middle Indian bees (*Apis cerana* F.). Mites from this bee species have also spread to the species *Apis mellifera* L. In the plans for breed testing introduced in all apiaries of the USSR, bee queens and packages with bees from the Far East infected with varroaosis appeared. In a short time, the infestation has appeared in all apiaries from Vladivostok to Brest. Numerous medicines are now produced for various bee diseases, which are used uncontrollably for treatment and prophylaxis. Each drug carries a great danger if it enters the human body with food. What harms the parasite will also harm the host. Therefore, all medicines weaken the immunity of bees, making them even more vulnerable. The Department of Biology, Bioresources and Aquaculture at Novosibirsk State Agrarian University has for the first-time developed methods of treating bees without the use of drugs. Varroaosis was controlled by heat treatment. During the thermal treatment of the apiary, 200 to 1,000 mites were counted per apiary. The average mite incidence in an apiary was 2.82 % (0.35 to 8.5 %). The results of the thermal treatment of bee colonies have shown that it is a labour-intensive treatment, but it is available to every farmer and beekeeper and can be used effectively against mites and viruses even in production apiaries where there is no special room. We have found that viral diseases are spread by the mite and that this process is exacerbated by unfavourable conditions.

Варроатоз (Varroosis, варрооз) – тяжело протекающее заболевание личинок, куколок и взрослых пчел. Возбудителем заболевания является гамазовый клещ *Varroa jacobsoni* (Oudemans) (*Varroa destructor* Anderson et Trueman). В СССР этот вид клеща впервые

был обнаружен на среднеиндийских пчелах (*Apis cerana* F.) в Приморском крае в 1952 г. научным сотрудником Приморской станции пчеловодства В.М. Смирновым в районе станции Океанской, в 1957 г. – научным сотрудником Института зоологии АН СССР А.К. Загуляевым на пасеке около Пасьета, а в 1964 г. – зоотехником по пчеловодству А.С. Непомнящих в Иманском районе.

С индийских пчел клещи попали на пчел медоносных *Apis mellifera* L. Медоносные пчелы не противостояли инвазии, и пораженные пчелиные семьи стали погибать тысячами, в отдельные годы гибель пчелосемей достигала 1,5 млн за одну зиму. На Дальнем Востоке оставшиеся семьи не могли восстановиться новым приростом. Распространению клеща варроа Якобсони по пасекам СССР способствовал человек. В планах породного испытания, внедряемого на всех пасеках огромной территории, появились пчелиные матки и пакеты с пчелами с Дальнего Востока, зараженного варроатозом. Стали рассылать пчелиных маток и пакеты пчел по всем пасекам СССР, и в том числе на пасеки пчелосовхоза «Красная Поляна» в Краснодарском крае, являющегося научной базой НИИП.

Таким образом, за короткий срок инвазия появилась на всех пасеках от Владивостока до Бреста. Заразных дальневосточных маток и пчел отправили в Болгарию. Оттуда клещ распространился по Европе. А.М. Смирновым был разработан препарат варроатин, затем стали применяться фенотиазин, нафталин, муравьиная кислота и другие химические препараты. Все препараты опасны для здоровья, были случаи отравления пчеловодов со смертельным исходом. Кроме того, всегда велика опасность попадания этих препаратов в продукты пчеловодства.

В Японии было разработано лечение пчелиных семей путем десятиминутного выдерживания пчел в сетчатой камере при температуре 48° С. Первыми воспользовались этим способом лечения пчеловоды Дальнего Востока. Они разработали термокамеры для одиночных и групповых обработок. Одиночными камерами пользовались на небольших пасеках, а групповыми – на промышленных пасеках колхозов и совхозов. Групповые обработки использовали в спецмашинах, где можно поддерживать температуру 48° С. В них была смонтирована карусель, на которой подвешивалось 15 кассет с пчелами от 15 семей одновременно. Через каждые 10 мин помещали еще 15 пчелиных семей в кассетах.

Одновременно и у нас в стране, и за рубежом шли активные поиски и разработки химических препаратов. Эффективным оказался способ опрыскивания пчел и расплода 2%-м раствором щавелевой кислоты. Этот метод лечения оказался менее трудоемким, чем использование термокамер, и он стал широко применяться. Затем эффективность щавелевой кислоты резко повысилась, когда стали использовать ее в виде дыма. При этом скорость обработки целой пасеки резко возросла. Термокамеры стали применять все реже и реже. Затем появились препараты на основе амитразы.

Массовое применение химических лечебных средств, несмотря на свою доступность и простоту употребления, не решает проблему полностью, так как при любой обработке часть клещей остается, т. е. инвазия переходит в хроническую форму. В.Г. Кашковский [1, 2] постоянно утверждал, что при хронической форме протекания инвазии клещи размножаются с каждым годом все больше и больше. Новые поколения клещей на лекарство не реагируют, и если продолжать обрабатывать пчелиные семьи этим препаратом, то клещи размножатся до критического количества, и семья пчел погибнет. Поэтому В.Г. Кашковский рекомендовал через каждые 3 года менять лекарство и хотя бы через 5 лет обрабатывать пчелиные семьи термическим путем. В целом же он сторонник лечения пчел только термическим способом, чтобы не подвергать продукты пчеловодства загрязнению от применения лекарств. Кроме того, по мнению Владимира Георгиевича, термическая обработка пчелиных семей излечивает пчелиные семьи от вирусов.

Рекомендации по лечению пчел термическим способом можно найти в трудах В. С. Полтева [3], О. Ф. Грובהва [4, 5], А. К. Лихотина [6], В. Г. Кашковского [7, 8] и многих других. Но эффективный и всем доступный способ был заменен потоком современных химических препаратов (бипин, фумисан, варросан, акарасан, санокс и т.п.). Второе возрождение термической обработки стало возможным благодаря энтузиастам К. В. Богомолу, В. В. Яранкину [9].

В настоящее время желающих обрабатывать пчел термически становится все больше и больше. Но многие пчеловоды при этом не имеют зимовников. Пчелы зимуют или под снегом, или в ямах, или под листьями, или в кокухах. По опыту В. Г. Кашковского, Н. А. Прусевич, Е. Н. Мельникова [7], они нашли выход из затруднительного положения

на пасеке Тулинского учхоза, обрабатывая пчел термически с 1 ноября до 20 декабря. Доказано, что пчелиные семьи термически можно обрабатывать с 1 октября до 1 февраля. За этот срок можно обработать промышленную пасеку.

Цель работы – дать рекомендации для фермеров и пчеловодов, имеющих маленькие пасеки (от 1 до 50 пчелосемей).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыт проводили 10 октября 2014 г. на пасеке инженера Виктора Федоровича Конарева, расположенной в НСТ «Вечернее» Кольванского района Новосибирской области.

Термокамера изготавливалась в виде ящика, ширина которого 50 см, длина – 80, высота – 120–140 см, в нижней части находятся нагревательные элементы, отгораживаемые мелкой металлической сеткой. Верхняя часть имеет два окна для контроля за температурой и наблюдения за поведением пчел, сверху открывается крышка. Нагревательные элементы включаются контактным термометром. Температурный режим в камере поддерживается в пределах 48° С.

Пчел помещали в круглую кассету диаметром 30–40 и длиной 50–60 см. Для стряхивания пчел в кассету применяли воронку, у которой внизу отверстие 10 x 10 см, а сверху 48 x 10 см.

Клещи начинали опадать при температуре 46° С, с повышением температуры до 48° С опадение клеща усиливалось. Когда пчелы переставали двигаться, их вращением встряхивали, и они опять начинали активно двигаться, при этом клещи массово осыпались. Время экспозиции пчел в камере при температуре 48° С всего 10 мин. Работали втроем: помощник – с термокамерой, а пчеловод и второй помощник в это время осматривали гнездо.

Перед термообработкой кассету с пчелами выдерживали при комнатной температуре 10–15 мин. Такое же время давали им, чтобы они успокоились после обработки, и лишь затем помещали в сформированное гнездо. Изоляцию маток во время обработки не делали.

Во время обработки определяли степень поражения пчелиных семей клещом. Для этого использовали формулу $S = K/P \times 100$, где S – степень поражения пчел, %; K – количество клещей в пробе; P – количество пчел в пробе.

За один рабочий день обработали 22 пчелиные семьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенность нашей работы заключалась в том, чтобы суметь обработать пчелиные семьи на пасеке, где нет специального помещения для обработки, а на пасеке уже выпал снег и температура воздуха колебалась от -10°С до -18°С. На этой пасеке часть пчел зимует на воле, а часть – в погребке и ямах. Такая зимовка очень усложняет работу по обработке пчел. Подобный опыт в тяжелой зимней обстановке применен был впервые. В первый день опыта температура наружного воздуха составляла 3°С, скорость ветра – 5–7 м/с. До термической обработки пчел оздоравливали препаратами бипин, варроадез, апидез. Как уже отмечено, химические препараты не полностью уничтожают клещей, и оставшиеся в живых приобретают устойчивость к этим лекарственным препаратам. Поэтому при длительном использовании одних и тех же лекарств болезнь вспыхивает с новой силой, и в результате происходит большая гибель семей.

После лечения пчелиных семей бипином мы эти семьи подвергли термической обработке. Термическое воздействие выявило клещей во всех семьях. Мы насчитали от 200 до 1000 осыпавших клещей. В среднем по пасеке В. Ф. Конарева заражение клещами составило 2,82 % (от 0,35 до 8,5 %) (таблица).

Влияние термической обработки пчелиных семей на качество зимовки
Influence of heat treatment of beehives on overwintering quality

№ п/п	Номер семьи	Год рождения матки	Сила семьи			Всего оставлено рамок в гнезде, кг	Кол-во меда, кг	Дано сахара, кг	Масса семьи, кг	Кол-во осыпавшегося клеща, шт.	Степень поражения пчел клещами, %
			сильная, 9 и более улочек	средняя, 7–8 улочек	слабая, 5–6 улочек						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	07.2014		+		8	10	6	1,6	600	3,75
2	2	07.2014	+			9	6	12	1,5	200	1,33
3	3	06.2014		+		8	11	5	-	-	-

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	06.2014		+		7	7	7	1,4	300	2,14
5	5	08.2014			+	6	6	6	0,8	300	3,75
6	6	06.2014			+	6	5	7	1,0	500	5,00
7	7	06.2014		+		8	7,5	8,5	1,7	60	0,35
8	8	06.2013		+		7	3	11	-	-	-
9	9	07.2014	+			9	11	7	1,9	1000	5,26
10	10	08.2014		+		8	7	9	1,0	850	8,5
11	11	07.2014		+		7	8,5	5,5	0,9	50	0,55
12	12	07.2014		+		8	11	5	-	-	-
13	13	07.2013		+		7	7	8	1,0	200	2,00
14	14	08.2014			+	6	5	7	0,9	50	0,55
15	15	07.2014		+		7	7,5	6,5	1,6	200	1,25
16	16	07.2014			+	6	4	8	-	-	-
17	18	06.2014			+	5	4	6	0,9	600	6,66
18	19	09.2014			+	6	6	6	0,8	50	0,62
19	21	06.2014			+	6	7	5	1,0	200	2,00
20	22	2013	+			9	12,5	4	2,7	300	1,11
21	23	2013		+		8	5,5	10,5	2,0	1000	5,00
22	25	07.2014		+		8	8,5	7,5	1,5	150	1,00

Полученные опытные данные подтвердили выводы В.Г. Кашковского [10–13].

Мы обратили внимание, что термическая обработка, кроме уничтожения клещей, оздоравливает пчелиные семьи от вирусных заболеваний.

Таким образом, термическая обработка – это эффективный метод лечения пчел. Если часть клещей уцелела после обработки, то они неактивны, и вирусы в них сильно ослаблены, не способны вызвать сильное отравление.

Для обработки пчелиных семей с помощью термообработки можно использовать

любые постройки с возможностью поддержания стабильной температуры.

ВЫВОДЫ

1. Термическое воздействие выявило клещей во всех семьях пасеки В.Ф. Конарева. В среднем по пасеке заражение клещами составило 2,82%.

2. Термообработка пчелиных семей ранней весной и осенью после окончания взятка защищает пчелиные семьи от варроатоза и вирусных болезней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашковский В.Г. Зоотехнические методы борьбы с болезнями пчел // Пчеловодство. – 2010. – № 5. – С. 38–39.
2. Кашковский В.Г. Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – СПб.: С.-Петербург. фил. ФГУП «Изд-во наука», 2021. – 423 с.
3. Полтев В.И., Нешатаева Е.В. Болезни пчел на Дальнем Востоке. – М.: Колос, 1984. – 174 с.
4. Гробов О.Ф., Смирнов А.М., Попов Е.Т. Болезни и вредители медоносных пчел. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 335 с.
5. Опасные болезни и вредители пчел / О.Ф. Гробов, Л.Н. Гузева, З.Э. Родионова [и др.]. – М.: Нива России, 1992. – 159 с.
6. Гробов О.Ф., Лихотин А.К. Болезни и вредители пчел. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
7. Кашковский В.Г., Прусевич Н. А., Мельников Е. Н. Поздняя тепловая обработка // Пчеловодство. – 1984. – № 2. – С. 22–23.
8. Кашковский В.Г. Советы пчеловодам. – Кемерово: Кн. изд-во, 1991. – 158 с.
9. Богомоллов К.В., Яранкин В.В. Варроатоз пчел. – Рязань: Рязан. обл. тип., 2014. – 64 с.
10. Кашковский В.Г., Плахова А.А. Пчеловодство и использование пчел для опыления сельскохозяйственных культур. – Новосибирск: Наука РАН, 2010. – 220 с.
11. Кашковский В.Г. Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2018. – 414 с.

12. *Кашковский В.Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Киев: Книгоноша, 2019. – 424 с.
13. *Кашковский В.Г., Плахова А.А.* Лечение пчелиных семей без лекарств, или зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2 (59). – С. 115–124.

REFERENCES

1. Kashkovskij V.G., *Pchelovodstvo*, 2010, No. 5, pp. 38–39. (In Russ.)
2. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Saint-Petersburg: Nauka, 2021, 423 p.
3. Poltev V.I., Neshataeva E.V., *Bolezni pchel na Dal'nem Vostoke* (Diseases of bees in the Far East), Moscow: Kolos, 1984, 174 p.
4. Grobov O.F., Smirnov A.M., Popov E.T., *Bolezni i vrediteli medonosnyh pchel* (Diseases and pests of honey bees), Moscow: VO Agropromizdat, 1987, 335 p.
5. Grobov O.F., Guzeva L.N., Rodionova Z.Je., Konovalova T.V., Batuev Ju.M., *Opasnye bolezni i vrediteli pchel* (Dangerous diseases and pests of bees), Moscow: Niva Rossii, 1992, 159 p.
6. Grobov O.F., Lihotin A.K., *Bolezni i vrediteli pchel* (Diseases and pests of bees), Moscow: Agropromizdat, 1989, 239 p.
7. Kashkovskij V.G., Prusevich N.A., Mel'nikov E.N., *Pchelovodstvo*, 1984, No. 2, pp. 22–23. (In Russ.)
8. Kashkovskij V.G., *Sovety pchelovodam* (Tips for beekeepers), Kemerovo: Kn. izd-vo, 1991, 158 p.
9. Bogomolov K.V., Jarankin V.V., *Varroatoz pchel* (Varroatoxosis of bees), Ryazan: Rjazanskaja oblastnaja tipografija, 2014, 64 p.
10. Kashkovskij V.G., Plahova A.A., *Pchelovodstvo i ispol'zovanie pchel dlja opylenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur* (Beekeeping and the use of bees for pollination of agricultural crops), Novosibirsk: Nauka RAN, 2010, 220 p.
11. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Novosibirsk: ООО «Pечатnoe izdatel'stvo Agro-Sibir'», 2018, 414 p.
12. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Kiev: Knigonosha, 2019, 424 p.
13. Kashkovskij V.G., Plahova A.A., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 115–124. (In Russ.)

ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И МЕДОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА ONAGRACEAE JUSS.

¹И.Д. Самсонова, доктор биологических наук, профессор

²А.А. Плахова, доктор биологических наук, профессор

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Ключевые слова: семейство Onagraceae, иван-чай, кипрей узколистный, медовая продуктивность, нектар, пыльца, гари, интенсивность цветения.

Реферат. Представители семейства кипрейные (Onagraceae) являются одними из наиболее ценных медоносных растений травянистой флоры умеренных широт на территории России, уступая из древесных лишь липе и белой акации. Известно, что максимальные медосборы с кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium* L.) получают на свежих гарях (3–5 лет). В работе рассмотрены вопросы динамики нектаро-выделения в различных географических зонах в зависимости от биоэкологических особенностей медоноса. Экологические условия на нелесных землях средней тайги Северо-Западного региона (Ленинградская область) значительно отличаются от условий среды гарей, особенно молодых, которые складываются в определенные периоды развития растительных сообществ. Поэтому иван-чай на опушках леса и полянах не так обилен (20 шт./м²), число цветков на одном растении также меньше (62 шт.), чем у растений на гарях (92 шт.). Медовая продуктивность составляет на гарях 140 кг/га, на опушках леса – 50 кг/га. В таежной зоне Западной Сибири после вырубке тайги и пожаров кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium*) первые 5–7 лет обильно выделяет нектар: показания контрольного улья достигают 18–24 кг в день, медовая продуктивность – 350 кг/га. Анализ главных опылителей и сборщиков меда на цветках кипрея показал, что в южных районах Западной Сибири пчеловоды не ощущают присутствия конкурентов медоносных пчел. Учет медоносных видов в районе Васюганья выявил наличие кипрея болотного (*Epilobium palustre* L.), с которого пчелы в июле собирают пыльцу (21,31 г, 2,09 % от общего количества пыльцы) бежево-фиолетового цвета. На юге медовая продуктивность зарослей сильного медоноса кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium* L.) достигает 800 кг/га, а на севере медонос нектар не выделяет. Медовая продуктивность на территории Марий Эл на гарях в сосняках и ельниках липовых, на которых развиваются мощные заросли иван-чая, достигает 492 кг/га.

ZONAL FEATURES OF BIOECOLOGICAL PROPERTIES AND HONEY PRODUCTIVITY OF SPECIES OF THE FAMILY ONAGRACEAE JUSS

¹I.D. Samsonova, Doctor of Biological Sciences, Professor

²A.A. Plakhova, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹St. Petersburg State Forestry Engineering University named after C.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Keywords: Family Onagraceae, fireweed, fireweed, honey productivity, nectar, pollen, fire, flowering intensity.

Abstract. Representatives of the cypress family (Onagraceae) are among the most valuable melliferous plants of the herbaceous flora of temperate latitudes in Russia. These honeybees are inferior to linden and white acacia among woody plants. It is known that maximum honey yields from the narrow-leaved willow (*Epilobium angustifolium* L.) are obtained in fresh heaths (3-5 years). The paper considers the dynamics of nectar production in different geographical zones depending on the bioecological characteristics of the honeybee. The ecological conditions on the unforested lands of the Middle Taiga in the Northwest region (Leningrad region) differ significantly from those of the rangelands. Distinct from particularly young havens, which form during certain periods of plant community development. Therefore, the willow herb on forest edges and glades is not as abundant (20 pcs./m²). The number of flowers per plant is lower (62 pcs.) than that of plants on fire sites (92 pcs.). The honey productivity is 140 kg/ha on fallow land and 50 kg / ha at the forest edges. In the taiga zone of western Siberia

after deforestation and fires, narrow-leaved willow (*Epilobium angustifolium*) produces abundant nectar for the first 5-7 years. Control hive readings reach 18-24 kg per day, honey production reaches 350 kg/ha. Analysis of the main pollinators and honey collectors on Cypress flowers showed that in the southern regions of Western Siberia, beekeepers do not feel the presence of competing honeybees. A census of melliferous species in the Vasyugany region revealed the presence of marsh bunting (*Epilobium palustre* L.), from which bees collect pollen (21.31 g, 2.09 % of total pollen) in July in a beige-purple color. In the south, the honey productivity of the strong bearer cypress (*Epilobium angustifolium* L.) reaches 800 kg/ha, while in the north it does not produce nectar. On the territory of the Republic of Mari El, the productivity of honey in the burned areas of pine and linden spruce forests, where powerful thickets of willow herb develop, reaches 492 kg/ha.

Считается доказанным, что одни и те же виды растений в различных географических зонах страны выделяют нектар в неодинаковом количестве и качестве. В процессе эволюции растения приспособились к определенным почвенно-климатическим условиям, и медовая продуктивность их стала различной. Состав, распределение, биоэкологические свойства медоносных ресурсов зависят от географических особенностей зоны их обитания.

На территории России и ближнего зарубежья представители семейства кипрейные (Onagraceae) являются одними из ценных медоносных растений травянистой флоры умеренных широт. К семейству кипрейных относятся кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum* L.), кипрей горный (*E. montanum* L.), кипрей болотный (*E. palustre* L.), кипрей узколистный (*E. angustifolium* L.). В. Долгошов [1] указывает, что среди травянистых растений иван-чай, или кипрей узколистный, наиболее нектаропродуктивен, уступая из древесных лишь липе (*Tilia cordata* Mill.) и белой акации (*Robinia pseudacacia* L.). Высокая степень приспособляемости видов этого семейства к различным экологическим условиям обусловила их широкое распространение. В период господства кипрея узколистного встречаются экземпляры высотой 2–2,5 м с цветоносной кистью, достигающей 1 м, со 180–200 цветками.

Все лесные районы Сибири, как правило, относятся к малиново-кипрейному типу медосбора. В Кемеровской области по занимаемой площади кипрей (*Epilobium angustifolium*) стоит на одном из первых мест среди других лесных медоносов. Однако на густых зарослях кипрея контрольный улей пасеки показывал максимальную прибыль 400 г, а пчеловоды остаются без кипрейного меда. В восточных районах области кипрей является «царем» медоносов, где привесы контрольного улья с кипрея доходят до 5–6 кг.

На территории Красноярского края в зоне елово-кедро-пихтовых южно-таежных лесов кипрейники занимают большую площадь,

заселяя свежие гари. Под влиянием огня значительно изменяются свойства лесных почв, особенно в верхнем горизонте: наблюдается уменьшение кислотности, повышение насыщенности основаниями, увеличение подвижных форм калия и фосфора, которые сохраняются длительное время. Кроме того, в почве происходит усиленный процесс нитрификации. Воздействие огня вызывает резкие изменения в микрофлоре почвы, создает условия для лучшей минерализации веществ, для развития нитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий. Этим самым обеспечивается получение высоких урожаев в первые годы. Все это создает благоприятные условия для развития на гарях травянистых сообществ, в которых преобладает кипрей узколистный.

В средневозрастных гарях (5–10 лет) после гибели верхушечной части соцветия иван-чай начинает ветвиться, давая вторичные боковые стебли, которые, в свою очередь, несут вторичные соцветия, но уже с мелкими цветками диаметром 2–3 см (нормальные – 3,5–4 см). Число вторичных стеблей достигает 10–12 с 20–25 цветками. Однако медовая продуктивность не повышается. На старых гарях, где периодически возникают пожары локального характера, поражение иван-чая вредителями на выгоревших участках сводится до минимума, а жизненное состояние растений и их цветоносность приближаются к экземплярам, растущим на свежих гарях. Ежегодно низовые пожары задерживают распад кипрейного фитоценоза в среднем на 10–15 лет.

Исследования показали, что степень влияния погодных условий на выделение нектара иван-чаем (*Epilobium angustifolium* (L.) Scop.) составляет 95,3 % от других факторов. Рассматривая вопрос о биологии цветения, необходимо отметить, что не все исследователи приходят к единому мнению. Одни считают иван-чай медоносом с устойчивым процессом цветения и выделения нектара [1], другие говорят о большой зависимости его от внешних факторов, снижающих или увеличивающих интенсивность цветения и нектаро-выделение [2]. Однако пасеки, подвезенные к

зарослям иван-чая, в отдельные годы не дают товарного меда.

Цель исследований – установить, влияют ли условия произрастания и абиотические факторы на биоэкологические свойства медоносов семейства *Onagraceae*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учетные площадки закладывались на территории Ленинградской области и в Васюганье. При учете растительности травянистого яруса использовали апробированную методику учетных работ. На опытных объектах под пологом древостоя закладывали круговые учетные площадки площадью 10 м². На опушках леса количественный учет медоносных растений проводили методом линейных трансект (маршрутов) на расстоянии от стены леса 8–10 м. На каждом объекте 2–3 маршрута с охватом типичных растительных ассоциаций. На маршруте 25–30 учетных площадок через одинаковое расстояние. В крупнотравных сообществах размер учетной площадки 4 м². После определения количества цветков на побеге растения в полевых условиях, в камеральных условиях по всем параметрам рассчитывали среднее значение. Количество цветков на 1 га зарослей определяли при 100%-м проективном покрытии.

Оценку каждого вида медоносных растений проводили по фактическому сбору обножки и по визуальной оценке работы пчел на растениях. Для оценки образцов пыльцевой обножки использовали пыльцеуловители. Для изучения ботанического происхождения пыльцевой обножки проводили пыльцевой анализ с использованием методик пыльцевого анализа и атласа пыльцевых зерен.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования эколога-биологических признаков иван-чая, проведенные нами на территории Ленинградской области на землях лесного фонда в 2017–2020 гг., показали, что изучаемые особенности цветения изучаемого вида тесно связаны с местом произрастания. Изучаемый медонос образует иногда сплошные заросли по гарям и вырубкам, а также повсеместно встречается по опушкам леса и на нелесных землях таежной зоны. По результатам наших наблюдений, иван-чай в

составе кипрейно-разнотравного фитоценоза березняка как медоносное растение играет скромную роль, хотя имеет значительное количественное и пространственное распространение. Более бедные почвы, корневая конкуренция с другими видами, изменение микроклимата – все это накладывает отпечаток на жизненное состояние и распространение кипрея узколистного. Средняя высота растений 0,6–1 м, на более увлажненных почвах несколько выше, но имеется большое количество угнетенных экземпляров, достигающих высоты 30–50 см. В связи с недостатком света и питания растения иван-чая выпадают или развиваются слабыми, почти не образующими генеративных органов. Под пологом березняка кисличного исследуемый вид встречался единично (проективное покрытие 1,4%, встречаемость 27,3%) [3]. Механизм выпадения иван-чая из фитоценозов серийных ассоциаций лиственных лесов при их смыкании связан с ролью конкурентной способности корней деревьев, которая сводится к перехвату главным образом усвояемых форм азота, а в засушливые годы дополняется усилением конкуренции из-за почвенной влаги. На нелесных землях *Epilobium angustifolium* распространен обильнее и входит в состав травянистого фитоценоза с большим участием медоносных растений.

Наблюдения за динамикой густоты медоносных растений и особенностями их цветения на лесных угодьях подтверждают, что более высокая освещенность на южной опушке леса оказывает влияние на сроки и продолжительность фенологической фазы, а также на интенсивность цветения и густоту экземпляров: на южной опушке – 110000 шт/га, а на северной – 82500 шт/га [4].

Экологические условия на нелесных землях значительно отличаются от условий среды гарей, особенно молодых, которые складываются в определенные периоды развития растительных сообществ. Поэтому иван-чай на опушках леса и полянах не так обилен, число цветков на одном растении также меньше, чем у растений на гарях (табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют о благоприятных условиях для иван-чая в первые годы после лесного пожара. На молодых гарях отсутствует конкуренция с другими травянистыми, кустарниковыми и древесными видами, иван-чай не испытывает недостатка в питательных веществах, так как в эти годы гари имеют еще достаточное количество органической массы в почве.

Таблица 1

Интенсивность цветения *Epilobium angustifolium* на лесных угодьях
The Intensity of *Epilobium angustifolium* Flowering on Forest Land

Год наблюдений	Гари		Нелесные земли	
	Число побегов на 1 м ² , шт.	Число цветков на 1 побеге, шт.	Число побегов на 1 м ² , шт.	Число цветков на 1 побеге, шт.
2017	23,0±0,9	103,0±4,3	18,0±2,7	66,0±6,4
2019	30,0±2,0	68,0±4,0	24,0±2,9	30,0±2,8
2020	37,0±0,9	105,0±2,5	18,0±1,5	90,0±6,8
Среднее	30,0±1,3	92,0±3,6	20,0±2,4	62,0±5,3

Наши наблюдения согласуются с исследованиями Л.Е. Астрологовой [5], которая отмечает, что в условиях северной и средней тайги на территории Архангельской области среднее число распустившихся цветков и бутонов на одном побеге на вырубке составляет 225 и 112 шт. соответственно, а на опушке леса – 139 и 68 шт. Количество сахара, выделяемого с нектаром, в северной тайге на опушке леса составило 1,03 мг, в средней тайге в 1974 г. – 1,09, в 1975 г. – 0,97 мг, а количество пыльцы соответственно 2,2; 3,06 и 2,07 мг, что зависит от складывающихся погодных условий.

В пчеловодном хозяйстве Сибири кипрей играет выдающуюся роль, встречаясь почти повсеместно по негустым темнохвойным, смешанным и березовым лесам, по гарям, вырубкам, по лесным лугам и оврагам. В условиях Томской области сильная пчелиная семья может собрать с кипрея в день до 6 кг меда, а в некоторые годы дневной медосбор с

кипрея на пчелосемью возрастает до 14,5 кг. Наблюдения за кормовой базой пчеловодства таежной зоны Западной Сибири показали, что после вырубki тайги и пожарищ в тайге начинает расти главный медонос – кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium*). Кипрей узколистный первые 5–7 лет обильно выделяет нектар [2, 6]. Были случаи, когда пчелиная семья в день приносила 18 кг. В последующие годы кипрей продолжает расти, но выделение нектара резко падает, привесы в день максимально составляли 0,5–1,8 кг. Таким образом, заросли кипрея через 7 лет становились непродуктивными из-за того, что за это время в почве резко уменьшилось содержание калия.

В результате учета численности главных опылителей и сборщиков меда – медоносных пчел и шмелей, работающих на цветках, была определена интенсивность посещения кипрея другими насекомыми [7].

Таблица 2

Численность насекомых, посетивших цветки кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium* L.), в 2005–2014 гг. на юге Западной Сибири, шт/м²

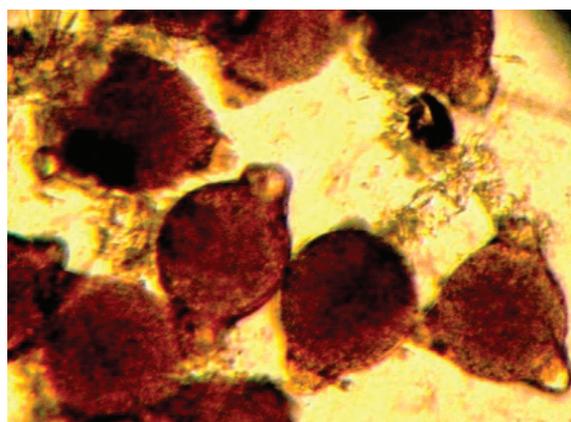
Numbers of insects visiting flowers of the narrow-leaved willow (*Epilobium angustifolium* L.) in 2005–2014 in the south of Western Siberia, pc/m²

Насекомые	Часы наблюдений							
	9.00-10.00		12.00-13.00		17.00-18.00		Итого за час	
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Lim						
<i>Apis mellifera</i> L.	9,00±0,71	7–12	11,40±2,36	3–23	9,70±1,71	6–22	10,00±0,96	3–23
Шмели (Bombidae)	3,10±0,54	0–5	5,80±0,94	2–11	2,70±0,53	0–5	3,80±0,47	0–11
Настоящие мухи (Muscidae)	3,80±0,78	2–9	3,60±0,78	0–8	6,00±0,55	3–8	4,60±0,42	2–9
Складчатокрылые осы (Vespidae)	3,30±0,53	0–5	3,60±0,73	0–8	3,30±0,53	1–6	3,40±0,33	0–8
Другие	6,20±1,08	1–2	4,80±0,72	1–8	5,30±0,78	0–8	5,40±0,52	0–12

Анализ табл. 2 показал, что в южных районах Западной Сибири пчеловоды не ощущают присутствия конкурентов медоносных пчел.

Учет медоносных видов в районе Васюганья для уточнения сведений по кормовой базе севернее 55° северной широты выявил наличие кипрея болотного (*Epilobium*

palustre L.). Кипрей узколистый (*Epilobium angustifolium* L.) на юге выделяет нектар, и медовая продуктивность его зарослей достигает 800 кг/га, обеспечивая самые высокие медосборы, а на севере не выделяет, утрачивает свои свойства и пчелами посещается исключительно редко. В день принос нектара с кипрея составляет 24 кг [8].



Пыльца кипрея болотного (*Epilobium palustre* L.)

Fireweed pollen (*Epilobium palustre* L.)

с кипрея болотного (*Epilobium palustre* L.) пчелы собирают в июле пыльцу (21,31 г, 2,09 % от общего количества пыльцы) бежево-фиолетового цвета (рисунок) [9].

Медовая продуктивность представителей семейства Onagraceae в значительной степени зависит от места произрастания медоносного растения.

По многолетним исследованиям ряда ученых, медовая продуктивность иван-чая для умеренных широт территории России составляет 350 кг с 1 га с колебаниями от 120 до 520 кг с 1 га [10].

Для определения медовой продуктивности на территории Ленинградской области были использованы данные по выделению нектара, полученные А.К. Остащенко-Кудрявцевой [11]. Средняя продуктивность нектара цветка иван-чая равна 12,2 мг, а при благоприятных условиях достигает 23,9 мг на один цветок. В холодное лето количество нектара составляло всего 3,92 мг. Учитывая, что цветок в среднем живет 2 дня, в дождливую прохладную погоду – 3–4 дня, а также интенсивность цветения и густоту произрастания медоноса [10], медовая продуктивность иван-чая на Северо-Западе таежной зоны составляет на гарях 140 кг/га, на опушках леса – 40 кг/га.

По данным А.К. Остащенко-Кудрявцевой, в наиболее благоприятные годы медосбор с

кипрея достигает 400–500 кг/га при сплошном произрастании культур, и сильная пчелосемья может собрать с этого растения до 12 кг меда в день [11].

На основании проведенных В.Н. Григоренко исследований в Красноярском крае по результатам исследований в местах с широким распространением сплошных зарослей иван-чая на гарях было определено, что в соответствии с биологическим запасом нектара и способностью пчел собирать определенное количество нектара (около 30% всего запаса) на одном месте можно размещать в среднем 300–400 пчелиных семей и получать при этом 100–150 кг товарного меда с одной пчелиной семьи при проективном покрытии 70–100%, численности 330 000 стеблей на 1 га и средней цветоносности 90 цветков на растение.

М.Д. Данилов [13] проводил наблюдения за иван-чаем в различных типах леса. Медовая продуктивность на территории Марий Эл на гарях в сосняках и ельниках липовых, на которых развиваются мощные заросли иван-чая, достигает 492 кг/га (табл. 3). На гарях 6–8-летней давности она снижается до 160 кг/га, т.е. более чем в 3 раза по сравнению с молодыми (3–5 лет) гарями. На гарях в сосняках зеленомошниковых общая медовая продуктивность зарослей иван-чая в первые 3–5 лет составляет 100 кг/га, в 6–8 лет она снижается

до 40 кг/га. В этих типах леса заросли медоноса крайне неравномерны, они приурочены к пониженным элементам рельефа.

На территории Беларуси, по исследованиям Е.Т. Клименковой [14], на торфяных валях иван-чай выделяет больше сахара на один цветок и образует больше цветков на одном

растении, поэтому здесь медовая продуктивность значительно выше (600 кг/га при наличии 75 растений на 1 м² и 179 цветков на растении), чем на вырубках и гарях (353 кг/га), где он быстро вытесняется другой растительностью.

Таблица 3

Медовая продуктивность кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium* (L.) Scop.) по природным зонам

Honey productivity of fireweed (*Epilobium angustifolium* (L.) Scop.) by natural zones

Географическая зона обитания	Экологические условия	Медовая продуктивность, кг/га
Средняя тайга, Ленинградская область	Гари	140
	Нелесные земли	50
Тайга, Красноярский край	Гари елово-кедропихтовых южно-таежных лесов	100–150
Смешанные леса, Белоруссия	Торфяники	600
	Гари	353
Подтаежная зона, Республика Марий Эл	Гари в сосняках и ельниках липовых 3–5 лет	492
	Гари в сосняках и ельниках липовых 6–8 лет	160
	Гари в сосняках зеленомошниковых 3–5 лет	100
	Гари в сосняках зеленомошниковых 6–8 лет	40
Юг Западной Сибири	Гари, вырубки	800
Северо-Запад (средняя тайга) Ленинградская область	Культуры	400–500
Западная Сибирь Томск	-	300

По данным кафедры ботаники Томского университета, при благоприятных условиях погоды медосбор с 1 га чистой заросли *Epilobium angustifolium* может достигать 300 кг, сахаропроductивность на западных предгорьях Среднего Урала – 136–356 кг/га, в Приамурье – 250, в Архангельской области – 97–109 кг/га [15].

ВЫВОДЫ

1. Биоэкологические свойства медоносов семейства Onagraceae зависят не только от

экологических условий произрастания и влияния внешнего комплекса абиотических факторов, но и тесно связаны с общим развитием растения в той или иной географической зоне.

2. Изучение зональных особенностей биологических характеристик позволило уточнить медовую продуктивность и ценность ресурсов семейства Onagraceae, которые дают высокие и длительные (40–80 дней), но неустойчивые по годам медосборы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгошов В.И. Некоторые особенности цветения кипрея // Пчеловодство. – 1959. – № 9. – С. 22–24.
2. Параева Л.К. Медоносные растения Западной Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1970. 132 с.
3. Самсонова И.Д. Особенности цветения медоносных растений травяно-кустарничкового яруса в березняках // Пчеловодство. – 2020. – № 7. – С. 22–25.
4. Самсонова И.Д., До В.Т. Сравнительный анализ продуктивности медоносных угодий под пологом березняка и на опушках леса // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 58-2. – С. 133–139.

5. Астрологова Л.Е. Медоносное значение *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. и *Solidago virgaurea* в Архангельской области. – 1978. – Т. XIV, Вып. 3. – С. 418–420.
6. Кашковский В.Г. О кипрее, русянке и желтой акации // Пчеловодство. – 1969. – № 3. – С. 26–28.
7. Плахова А.А. Биологический способ оценки экологии // Пчеловодство. – 2009. – № 9. – С. 14–15.
8. Кашковский В.Г. Советы пчеловодам. – Кемерово: Кн. изд-во, 1991. – 158 с.
9. Плахова А.А. Индивидуальные различия у пчелиных семей по сбору обножки // Пчеловодство. – 2007. – № 1. – С. 48–49.
10. Самсонова И.Д., Гильманова Г.Р. Влияние метеорологических факторов на морфобиологические признаки *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop // V Международная конференция «Пчеловодство холодного и умеренного климата», 19-20 октября 2021 г. Псков, Россия. – 2021. – С. 21–27.
11. Остащенко-Кудрявцева А.К. Кипрей как медонос // Пчеловодство. – 1936. – № 9 – С. 17–21.
12. Григоренко В.Н. Нектаропродуктивность *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. в некоторых районах Красноярского края // Растительные ресурсы. – 1975. – Т. XI, вып. 1. – С. 34–41.
13. Данилов М.Д. Наиболее полно использовать заросли иван-чая на горях // Проблемы ликвидации последствий лесных пожаров 1972 г. в Марийской АССР. – Йошкар-Ола, – 1976. – С. 132–136.
14. Клименкова, Е.Т., Кушнир Л.Г., Бачило А.И. Медоносы и медосбор. – Минск: Ураджай, 1981. – С. 280.
15. Пельменев В.К. Медоносные растения. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 144 с.

REFERENCES

1. Dolgoshov V.I., *Pchelovodstvo*, 1959, No. 9, pp. 22–24. (In Russ.)
2. Paraeva L.K., *Medonosnye rasteniya Zapadnoy Sibiri* (Honey plants of Western Siberia), Novosibirsk: Zap.-Sib. Prince ed., 1970, 132 p.
3. Samsonova I.D., *Pchelovodstvo*, 2020, No. 7, pp. 22–25. (In Russ.)
4. Samsonova I.D., Do V.T., *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, T. 58–2, pp. 133–139. (In Russ.)
5. Astrologer L.E., *Medonosnoe znachenie Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. i *Solidago virgaurea* v *Arkhangel'skoy oblasti* (Honey value *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. and *Solidago virgaurea* in the Arkhangelsk region), 1978, T. XIV, iss. 3, pp. 418–420.
6. Kashkovsky V.G., *Pchelovodstvo*, 1969, No. 3, pp. 26–28. (In Russ.)
7. Plakhova A.A., *Pchelovodstvo*, 2009, No. 9, pp. 14–15. (In Russ.)
8. Kashkovsky V.G., *Sovety pchelovodam* (Advice to beekeepers), Kemerovo: Prince ed., 1991, 158 p.
9. Plakhova A.A., *Pchelovodstvo*, 2007, No. 1, pp. 48–49. (In Russ.)
10. Samsonova I.D., Gilmanova G.R., *Pchelovodstvo kholodnogo i umerennogo klimata* (Beekeeping of Cold and Temperate Climate), V International Conference, October 19-20, Pskov, 2021, pp. 21–27.
11. Ostashchenko–Kudryavtseva A.K., *Pchelovodstvo*, 1936, No. 9, pp. 17–21. (In Russ.)
12. Grigorenko V.N., *Rastitel'nye resursy*, 1975, T. XI, iss. 1, pp. 34–41. (In Russ.)
13. Danilov M.D., *Problemy likvidatsii posledstviy lesnykh pozharov 1972 g. v Mariyskoy ASSR*, Yoshkar-Ola, 1976, pp. 132–136. (In Russ.)
14. Klimentkova, E.T., Kushnir L.G., Bachilo A.I., *Medonosy i medosbor* (Medonosy and medical examination), Minsk: Uradjay, 1981, 280 p.
15. Pelmenev V.K., *Medonosnye rasteniya* (Honey plants), Moskow: Rosselkhozizdat, 1985, 144 p.

DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-104-112

УДК 636.02; 636.082.252

ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВИНОМАТОК МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН ИЗ РАЗНЫХ СЕМЕЙСТВ

¹**К.С. Шатохин**, кандидат биологических наук

²**С.В. Никитин**, кандидат биологических наук

¹**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук, профессор

²**В.И. Запорожец**, зоотехник

²**Е.В. Коршунова**, старший лаборант

³**В.И. Ермолаев**, доктор биологических наук

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия

³Частное лицо

E-mail: true_genetic@mail.ru

Ключевые слова: семейства свиноматок, лабораторные мини-свиньи, ИЦиГ СО РАН, живая масса, многоплодие, сохранность, сельское хозяйство.

Реферат. Актуальность настоящей работы обусловлена практически полным отсутствием в научной литературе информации о существовании различий между семействами свиноматок в стадах лабораторных мини-свиной. Цель исследований заключается в установлении наличия либо отсутствия различий между свиноматками мини-свиной ИЦиГ СО РАН по воспроизводительным особенностям. В качестве критериев различия были выбраны: масса новорождённого поросёнка, масса поросёнка в месячном возрасте, масса свиноматок на 5-й день после опороса, количество поросят в гнезде и их сохранность от 0 до 30 и от 6 до 30 дней от роду. Исследования выполнены по записям зоотехнического учёта мини-свиной ИЦиГ СО РАН (2013–2020 гг.), включающим в себя информацию о 2315 новорождённых и 622 месячных поросятах из 311 гнёзд от 135 разновозрастных свиноматок. Генеалогическая структура стада представлена тремя семействами: КБ1902, КБ1906 и КБ1910. Исследования показали наличие различий между всеми тремя семействами по массе новорождённого поросёнка, что подтверждается критерием Краскела-Уоллиса (57,57***). По возрастному составу свиноматок, их многоплодию и сохранности потомства различий не обнаружено. По массе поросёнка в месячном возрасте и массе свиноматок на 5-й день после опороса установление достоверности различий должно подлежать дополнительной проверке. Ранжирование признака показало, что среди потомства свиноматок КБ1902 и КБ1906 преобладающими по численности оказались потомки с живой массой 601–700 г, а в семействе КБ1910 – 701–800 г. Основной причиной различий между семействами свиноматок по крупноплодности представляется наследственность.

REPRODUCTIVE PECULIARITIES OF SOWS MINI-PIGS OF THE INSTITUTE OF CYTOLOGY AND GENETICS OF THE SB RAS FROM DIFFERENT FAMILIES

¹**K.S. Shatokhin**, Ph.D. in Biological Sciences

²**S.V. Nikitin**, Ph.D. in Biological Sciences

¹**N.N. Kochnev**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**V.I. Zaporozhets**, Livestock Specialist

²**E.V. Korshunova**, Senior Assistant

³**V.I. Ermolaev**, Doctor of Biological Sciences

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Private person

E-mail: true_genetic@mail.ru

Keywords: families of sows, laboratory mini-pigs, ICG SB RAS, live weight, multiple pregnancies, safety, agriculture.

Abstract. The relevance of this work lies in the lack of information in the scientific literature on the existence

of differences between sow families in herds of laboratory mini-pigs. The study aims to establish whether or not there are differences between the reproductive traits of the sows of the mini-sows of IC&G SB RAS. The following criteria were selected as difference criteria: newborn piglet weight, piglet weight at one month of age, sow weight on day 5 after farrowing, number of piglets in the nest, and their survival from 0 to 30 and from 6 to 30 days of age. The study was based on the zootechnical record of the mini-pigs of the IGCC SB RAS (2013-2020), which included information on 2315 newborn and 622-month-old piglets from 311 clutches of 135 sows of different ages. The genealogical structure of the herd is represented by three families: KB1902, KB1906, and KB1910. The study showed differences between all three families in terms of newborn piglet weight, as evidenced by the Kruskal-Wallis test (57.57***). The authors found no differences in the age composition of the sows, their multiple births, and the survival of the offspring. For piglet weight at one month of age and sow weight at day 5 post farrowing, establishing the validity of the differences must be further tested. The trait ranking showed that in the progeny of sows KB1902 and KB1906 the predominant sows had a live weight of 601-700g, but in the KB1910 family, the progeny had a live weight of 701-800g. The main reason for the differences between sow families in terms of largeness appears to be heredity.

Семейства свиноматок рассматривались как довольно значимый структурный элемент породы, пусть и уступающий линиям [1]. Показано, что генотип и интерьер матери являются весьма существенными факторами детерминации крупноплодности и числа поросят в гнезде [2, 3]. Поведение свиноматки и её молочность являются факторами роста и сохранности потомства в подсосный период [4, 5]. Характерные особенности наиболее распространённых семейств подробно описаны практически для каждой из основных пород [6].

Несмотря на значимость лабораторных мини-свиней как медико-биологического объекта [7, 8], вопросы их разведения и селекции изучены относительно слабо [9]. Например, не удалось обнаружить описание генеалогических и хозяйственных особенностей семейств свиноматок у большинства селекционных групп. Исключениями являются отечественные мини-свиньи: светлогорские и мини-свиньи ИЦиГ СО РАН [10, 11]. Считается, что из-за близкого родства животных репродуктивной группы линии и семейства лабораторных мини-свиней могут считаться лишь сугубо генеалогическими формациями [10]. Однако в условиях низкой гетерозиготности стада различия могут быть обеспечены генами, не оказывающими существенного эффекта в изменчивости признака в условиях многочисленных популяций и высокого генетического разнообразия [12–14]. Генетическим агентом, детерминирующим различия между семействами свиноматок по некоторым признакам, может быть митохондриальная ДНК. В экспериментах на свиньях показано, что мутации митохондриальных генов имеют сцепления с плодовитостью свиноматок, среднесуточным приростом и адаптивной способностью [15–17].

Внутри отечественных селекционных групп были установлены различия между

представителями разных генеалогических линий по живой массе взрослых особей и показателям воспроизводства [11, 18]. На примере мини-свиней ИЦиГ СО РАН была показана значимость подбора родительских пар между грациями категориального фактора «линия–семейство» по живой массе новорождённого поросёнка [19]. Следовательно, некоторые различия между семействами свиноматок лабораторных мини-свиней могут быть обнаружены. Целью настоящей работы является сравнение семейств свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН по живой массе поросят (при рождении и в месячном возрасте), массе свиноматок на 5-й день после опороса, многоплодию и сохранности потомства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены по записям зоотехнического учёта мини-свиней ИЦиГ СО РАН (2013–2020 гг.), включающим в себя информацию о 2315 новорождённых и 622 месячных поросятах из 311 гнёзд от 135 разновозрастных свиноматок. О происхождении и особенностях разведения селекционной группы, условиях содержания и кормления животных написано ранее [7, 10, 13]. Численность репродуктивной группы в течение всего периода наблюдений составляла 30–40 свиноматок и 12–15 хряков. На сегодняшний день генеалогическая структура стада включает в себя три семейства, ведущие начало от свиноматок крупной белой породы и названные по номерам родоначальниц: KB1902, KB1906 и KB1910 [7, 10]. Характерной особенностью мини-свиней ИЦиГ СО РАН является отсутствие признаков инбредной депрессии при генетическом сходстве между животными репродуктивной группы 90–100 % [10, 20, 21].

В качестве критериев различия между свиноматками семейств КБ1902, КБ1906 и КБ1910 были выбраны: масса новорождённого поросёнка (крупноплодность), масса поросёнка в месячном возрасте, масса свиноматок на 5-й день после опороса, количество поросят в гнезде (многоплодие) и их сохранность от 0 до 30 и от 6 до 30 дней от роду. Обработка первичных данных осуществлялась методами описательной статистики согласно рекомендациям, сравнение признаков проводилось при помощи двухфакторного критерия Стьюдента [22]. При множественных (≥ 3) сравнениях вероятность ложноположительного результата оценивали, используя поправку Бонферрони [23]. Значимость воздействия группирующего фактора «семейство» на развитие воспроизводительных качеств определяли при помощи теста Краскела-Уоллиса [22, 24]. Достоверность взаимосвязи между признаками определяли с помощью коэффициента корреляции Спирмена [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение средних значений показало, что между свиноматками мини-свиней ИЦиГ СО РАН из разных семейств не было обнаружено статистически достоверных различий по многоплодию и сохранности. При этом обращает на себя внимание превосходство свиноматок семейства КБ1910 над представительницами других семейств по средним значениям сохранности потомства на 7,3–9,1 % (табл. 1). Сравнение живой массы поросят в месячном возрасте показало неоднозначные результаты. Сопоставление с помощью критерия Стьюдента показывает отсутствие существенных различий между средними значениями, однако результаты теста Краскела-Уоллиса (рис. 1) указывают на значимость семейства свиноматок как категориального фактора массы их потомков в месячном возрасте. Таким образом, для установления значимости эффекта предиктора «семейство свиноматок» на значение массы поросят в месячном возрасте в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН требуются дополнительные исследования.

Таблица 1

Критерии описательной статистики воспроизводительных качеств свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН из разных семейств
Criteria for descriptive statistics of reproductive qualities of sows of mini-pigs of ICG SB RAS from different families

Признак	Критерий	КБ1902	КБ1906	КБ1910
1	2	3	4	5
Крупноплодность, г	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	699,00 ± 4,59	684,31 ± 4,24	771,06 ± 10,79
	n	1010	1089	216
	Q1 - Q3	600 – 800	600 – 750	650 – 870
	Sx	145,78	140,04	158,50
Живая масса поросёнка в 1 мес, кг	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	3,53 ± 0,05	3,12 ± 0,05	3,36 ± 0,11
	n	299	270	53
	Q1 - Q3	3,0 – 4,0	2,7 – 3,5	2,6 – 4,0
	Sx	0,83	0,83	0,83
Многоплодие	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	6,63 ± 0,18	6,83 ± 0,22	6,54 ± 0,22
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	5,0 – 8,0	5,0 – 8,0	5,5 – 8,0
	Sx	2,14	2,57	1,95
Сохранность 0-30 дней, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	75,71 ± 2,35	73,88 ± 2,46	82,98 ± 5,25
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	60 – 100	60 – 100	69 – 100
	Sx	28,13	29,06	27,79

1	2	3	4	5
Сохранность 6-30 дней, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	87,20 ± 2,16	85,13 ± 2,37	93,50 ± 3,79
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	83 – 100	80 – 100	100 – 100
	Sx	25,88	28,06	20,03
Живая масса матери на 5-й день после опороса, кг	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	61,50 ± 1,46	56,73 ± 1,37	62,97 ± 2,94
	n	103	96	24
	Q1- Q3	53,00 – 70,00	48,50 – 65,00	52,25 – 69,75
	Sx	14,87	13,38	14,38

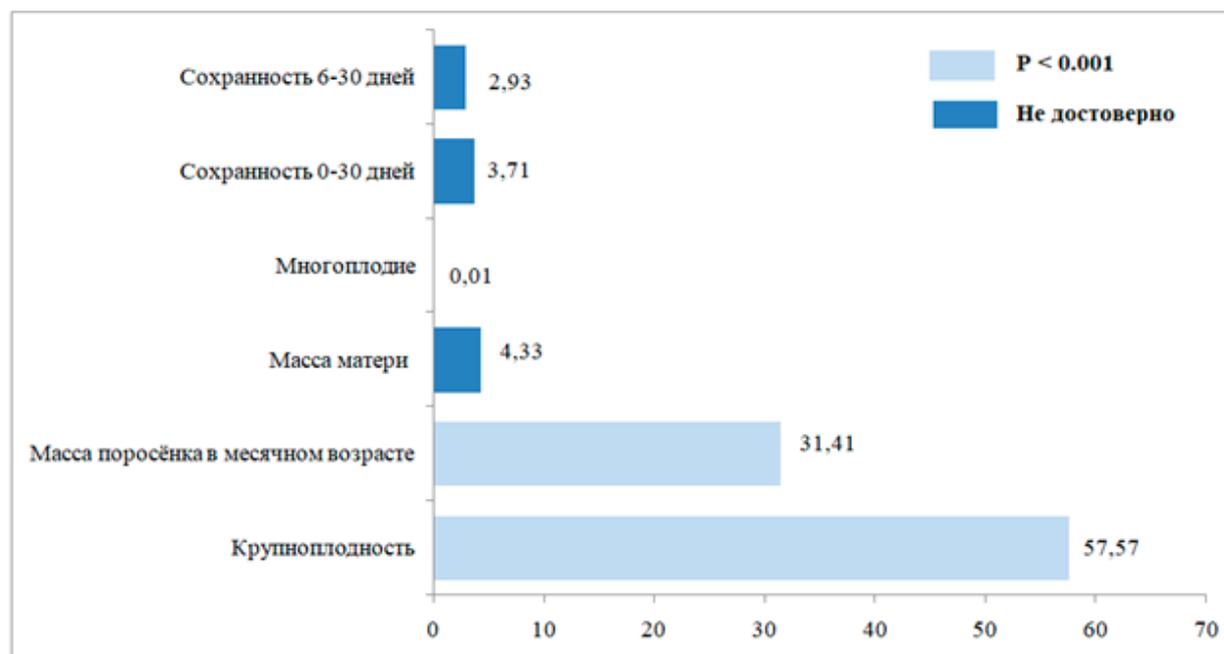


Рис. 1. Значимость семейства свиноматок как предиктора признаков воспроизводства мини-свиней ИЦиГ СО РАН, выраженная критерием Краскела-Уоллиса

Fig. 1 Significance of the family of sows as a predictor of signs of reproduction of mini-pigs ICG SB RAS, expressed by the Kruskal-Walli's criterion

Было обнаружено влияние семейства матери как категориального фактора на массу новорождённого поросёнка (см. рис. 1). Значения критерия Стьюдента указывают на достоверные различия между потомками каждого из семейств (КБ1902/КБ1906 = 2,351*; КБ1902/КБ1910 = 6,147***; КБ1906/КБ1910 = 7,483***). Вероятность ложноположительного результата, выраженная через поправку Бонферрони, не превысила 2,49%. Таким образом, имеет смысл проанализировать возможные причины различий между семействами по крупноплодности. Среди них разница по живой массе матерей на 5-й день после опороса, которая, в свою очередь, может быть следствием генетической компонен-

ты, ответственной за массу взрослых особей, либо систематического использования более молодых (а значит, более мелких) или более старых свиноматок. Различия по массе матерей наблюдались только между представительницами семейств КБ1902 и КБ1906 (см. табл. 1). Фактор «семейство» оказался незначимым для зависимого признака «живая масса матери на 5-й день после опороса» (см. рис. 1). Таким образом, для установления различий между семействами по данному признаку требуются дополнительные исследования. Сравнение распределения возрастов свиноматок с помощью критерия Стьюдента показало отсутствие достоверной разницы (табл. 2), следовательно, нельзя утверждать о система-

тическом использовании в каком-либо семействе более молодых или более старых особей, а значит, маловероятно, что различия между

семействами по массе новорождённого поросёнка обусловлены именно этим фактором.

Таблица 2

Возрастной состав свиноматок каждого семейства
Age composition of sows of each family

Показатель	Семейство	Порядковый номер опороса			
		1-й	2-й	3-й	4-й и старше
Доля особей (p ±Sp), %	КБ1902	28,67±3,78	20,28±3,36	12,59±2,77	38,46±4,07
	КБ1906	35,00±4,03	20,71±3,43	12,86±2,83	31,43±3,92
	КБ1910	25,00±8,18	14,29±6,61	14,29±6,61	46,43±9,42
Достоверность различий, t _r	КБ1902/КБ1906	1,14	0,09	0,07	1,24
	КБ1902/КБ1910	0,41	0,81	0,24	0,78
	КБ1906/КБ1910	1,10	0,86	0,20	1,47
Поправочный коэффициент Бонферрони	КБ1902/КБ1906	0,095	0,008	0,006	0,103
	КБ1902/КБ1910	0,034	0,068	0,020	0,065
	КБ1906/КБ1910	0,092	0,072	0,017	0,123

В течение всего периода наблюдений существенных изменений условий кормления и содержания не отмечалось, а достоверность разницы в возрастном составе семейств и массе свиноматок на 5-й день после опороса доказать не удалось. Следовательно, наиболее вероятной причиной различия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН по крупноплодности является генетическая компонента изменчивости признака, причём её реализация затрагивает непосредственно массу новорождённого поросёнка. Зависимость массы поросёнка при рождении от аналогичного показателя

его матери визуализируется на диаграмме рассеяния (рис. 2) и подтверждается коэффициентом корреляции Спирмена ($r = 0,255^{***}$), что соответствует литературным данным [25]. При условии генетического сходства между особями племенного ядра порядка 90–100% [10] логично предположить что причиной различий являются одна или несколько мутаций в митохондриальной ДНК. Подтвердить или опровергнуть это возможно только после проведения молекулярно-генетического типирования.

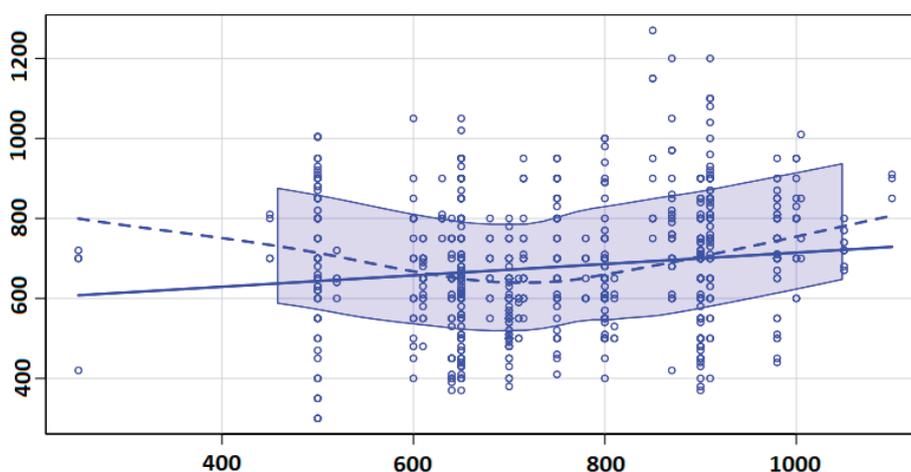


Рис. 2. Влияние живой массы матери при рождении (ось x, г) на массу новорождённого поросёнка (ось y, г)

Fig. 2. Influence of mother's live weight at birth (x-axis, g) on the weight of a newborn piglet (y-axis, g)

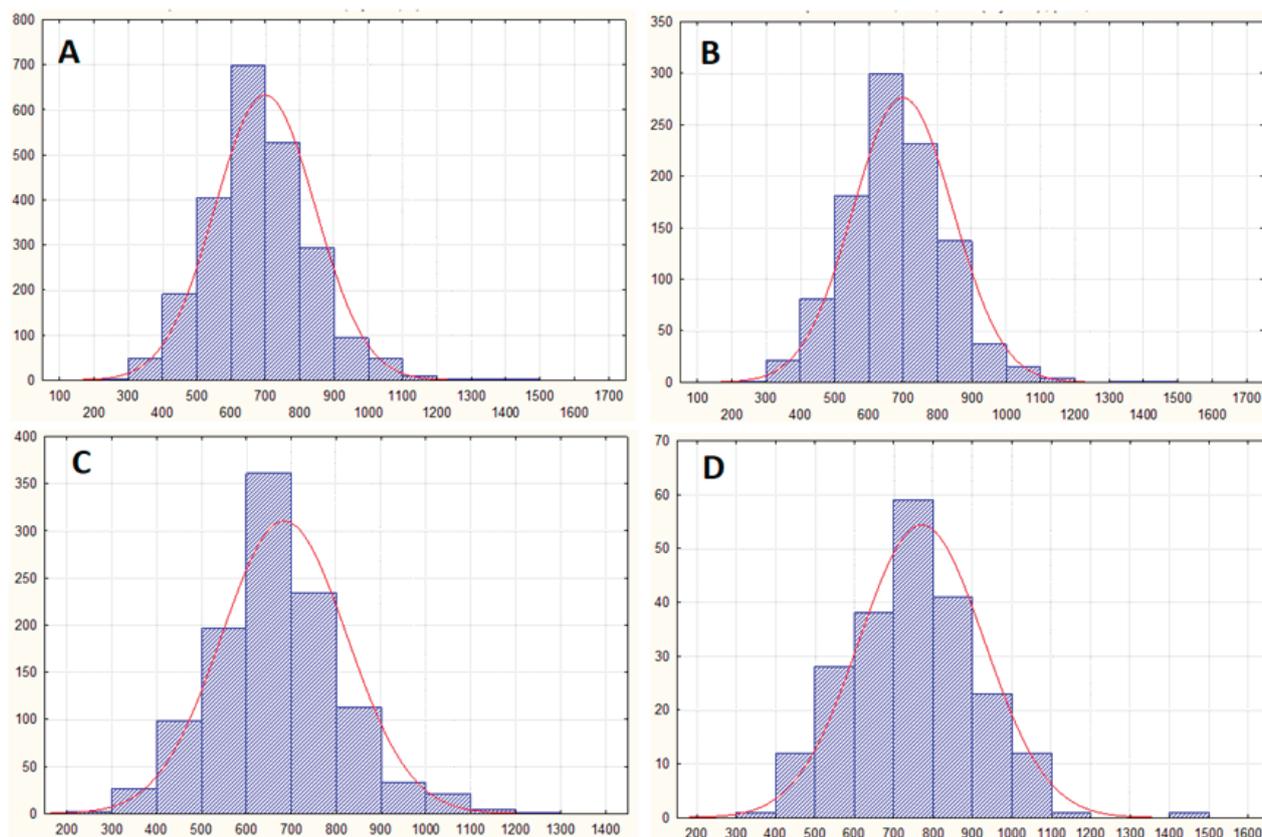


Рис. 3. Ранжирование живой массы при рождении в зависимости от семейства. Ось x – живая масса новорождённого поросёнка (г), ось y – число особей. А – в целом по стаду; В – КВ1902, С – КВ1906, D – КВ1910

Fig. 3. Ranking of live weight at birth by family. The x -axis is the live weight of the newborn piglet (g), and the y -axis is the number of individuals. A – total herd; B - KB1902, C - KB1906, D - KB1910

Ранжирование признака показало, что среди потомства свиноматок КВ1902 (рис. 3, В) и КВ1906 (см. рис. 3, С) преобладающими по численности оказались потомки с живой массой 601–700 г, а в семействе КВ1910 – 701–800 г (см. рис. 3, D). Это действительно может указывать на наличие одной или нескольких мутаций, локализованных, вероятнее всего, в митохондриальной ДНК, что и стало причиной смещения крупноплодности свиноматок семейства КВ1910 в сторону увеличения. Однако для подтверждения данной гипотезы необходим структурный анализ митохондриальной ДНК, ассоциированный с оценкой по крупноплодности.

ВЫВОДЫ

1. Между семействами свиноматок в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН не выявлено до-

стоверных различий по возрастному составу матерей, их многоплодию и сохранности потомства. Значимость предиктора «семейство» для массы поросёнка в месячном возрасте и массы матери на 5-й день после опороса нуждается в дополнительной проверке.

2. Ранжирование крупноплодности показало, что в семействах КВ1902 и КВ1906 наиболее многочисленными оказались поросята массой 601–700 г, а в семействе КВ1910 – 701–800 г.

3. Предыдущий довод указывает на наследственность в качестве основной причины различий семейств свиноматок по крупноплодности, что дополнительно подтверждается коэффициентом корреляции Спирмена ($r = 0,255^{***}$) между массой матерей и их потомков при рождении. Значимость фактора «семейство» для зависимого признака «крупноплодность» доказана критерием Краскела-Уоллиса ($57,57^{***}$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бекенёв В.А. Пути совершенствования генофонда свиней Российской Федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(8). – С. 912–921. – DOI: 10.18699/VJ18.433.
2. Никитин С.В., Князев С.П., Ермолаев В.И. Роль условий среды пренатального роста плодов в формировании массы новорожденной особи у домашних свиней // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(5). – С. 569–575.
3. An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity / A. Lavery, P.G. Lawlor, E. Magowan [et al.] // *Animal*. – 2019. – Vol. 13, N 3. – P. 622–630.
4. Мониторинг и реализация информационных ресурсов племенного свиноводства Западной Сибири / В.Н. Деметьев, В.А. Бекенёв, В.В. Гарт [и др.] // Вестник НГАУ. – 2019. – № (1). – С. 101–109. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-101-109.
5. The Effect of Sows' and Piglets' Behaviour on Piglet Crushing Patterns in Two Different Farming Pen Systems / T. Nicolaisen, E. Lühken, N. Volkmann [et al.] // *Animals (Basel)*. – 2019. – Vol. 9, N 8. – P. 538. – DOI: 10.3390/ani9080538.
6. Кабанов В.Д., Терентьева А.С. Породы свиней. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
7. Зоотехнические, физиологические и генетические особенности мини-свиней ИЦиГ СО РАН: монография / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, С.П. Князев [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СФНЦА РАН, 2019. – 192 с.
8. Marchant J.N., Herskin M. Pigs as laboratory animals // *Advances in Pig Welfare*. – 2018. – P. 445–475. – DOI:10.1016/B978-0-08-101012-9.00015-0.
9. Shatokhin K.S. Problems of mini-pig breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii // Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2021. – Vol. 25, N 3. – P. 284–291. – DOI: 10.18699/VJ21.032.
10. Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН / С.В. Никитин, С.П. Князев, К.С. Шатохин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(8). – С. 922–930.
11. Станкова Н.В., Савина М.А., Капанадзе Г.Д. Формирование новых линий светлогорских мини-свиней // *Биомедицина*. – 2017. – № 3. – С. 95–101.
12. Никитин С.В., Князев С.П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней. – LambertAcademyPublishing, 2015. – 228 с.
13. Bomba L., Walter K., Soranzo N. The impact of rare and low-frequency genetic variants in common disease // *Genome Biol*. – 2017. – Vol. 18, N 1. – P. 77. – DOI: 10.1186/s13059-017-1212-4.
14. Gonzalez-Bosquet J., Chanock S.J. Basic principles and laboratory analysis of genetic variation // *IARC Sci Publ*. – 2011. – Vol. 163. – P. 99–120.
15. Detecting mitochondrial signatures of selection in wild Tibetan pigs and domesticated pigs / M. Li, L. Jin, J. Ma [et al.] // *Mitochondrial DNA: Part A*. – 2016. – Vol. 27, N 1. – P. 747–752. – DOI: 10.3109/19401736.2014.913169.
16. St John J.C., Tsai T.S. The association of mitochondrial DNA haplotypes and phenotypic traits in pigs // *BMC Genet*. – 2018. – Vol. 19, N 1. – P. 41. – DOI 10.1186/s12863-018-0629-4.
17. Polymorphism of mitochondrial tRNA genes associated with the number of pigs born alive / D. Wang, C. Ning, H. Xiang [et al.] // *J Anim Sci Biotechnol*. – 2018. – Vol. 9. – P. 86. – DOI :10.1186/s40104-018-0299-0.
18. Y chromosome effect on prenatal live weight growth of laboratory minipigs. International Scientific and Practical Conference “From inertia to develop: research and innovation support to agriculture” / K. Shatokhin, S. Nikitin, S. Knyazev [et al.] // *E3S Web Conf*. – 2020. – Vol. 176. – P. 01003. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017601003.
19. Подбор в разведении лабораторных мини-свиней / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, В.И. Запорожец [и др.] // *АПК России*. – 2021. – Vol. 28, N 2. – P. 283–288.
20. Влияние степени инбридинга на воспроизводительные особенности мини-свиней / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, В.И. Запорожец [и др.] // Сборник VIII Международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых», посвященной 50-летию создания Совета молодых ученых СО ВАСХ-НИЛ. СФНЦА РАН., 24 марта 2021 г. – Краснообск, 2021 – С. 177–181.

21. *Отсутствие инбредной депрессии в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, Н.Н. Кочнев [и др.] // Сборник научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов НГАУ «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса», 20 октября 2021 г. – Новосибирск, 2021. – С. 502–506.*
22. *Glantz S.A. Primer of Biostatistics // 5th ed. McGraw-Hill. –New York, US. – 2001.*
23. *Bland J.M., Altman D.G. Multiple significance tests: the Bonferroni method // BMJ. – 1995. – Vol. 310, N 6973. – P. 710. – DOI: 10.1136/bmj.310.6973.170.*
24. *McDonald J.H. Handbook of Biological Statistics (3rd ed.). – Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 2014. – <http://www.biostathandbook.com/permissions.html>.*
25. *Holt B., Bakken M., Vangen O. Genetic correlation between reproduction and production traits in swine // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82. – P. 3458–3464.*

REFERENCES

1. Bekenev V.A., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2018, No. 22 (8), pp. 912–921, DOI 10.18699/VJ18.433. (In Russ.)
2. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Ermolaev V.I., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2017, No. 21 (5), pp. 569–575. (In Russ.)
3. Lavery A., Lawlor P.G., Magowan E., Miller H.M., O’Driscoll K., Berry D.P., An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity, *Animal*, 2019, Vol. 13, No. 3, pp. 622–630.
4. Dement’ev V.N., Bekenev V.A., Gart V.V., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 1, pp. 101–109, DOI 10.31677/2072-6724-2019-50-1-101-109. (In Russ.)
5. Nicolaisen T., Lühken E., Volkmann N., Rohn K., Kemper N., Fels M., The Effect of Sows’ and Piglets’ Behaviour on Piglet Crushing Patterns in Two Different Farrowing Pen Systems, *Animals (Basel)*, 2019, Vol. 9, No. 8, pp. 538, DOI 10.3390/ani9080538.
6. Kabanov V.D., Ternt’eva A.S., *Porody svinei* (Breeds of pigs), Moskow: Agropromizdat, 1985, 336 p.
7. Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Ermolaev V.I., Zaporozhets V.I., *Zootekhicheskie, fiziologicheskie i geneticheskie osobennosti mini-svinei ITsiG SO RAN* (Livestock, physiology and genetic of the mini-pigs of Institute of Cytology and Genetics), Novosibirsk, 2019, 192 p.
8. Marchant J.N., Herskin M., Pigs as laboratory animals, *Advances in Pig Welfare*, 2018, pp. 445–475, DOI:10.1016/B978-0-08-101012-9.00015-0.
9. Shatokhin K.S., Problems of mini-pig breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii, Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, Vol. 25, No. 3, pp. 284–291, DOI 10.18699/VJ21.032.
10. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Ermolaev V.I., *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*, 2018, No. 22 (8), pp. 922–930, DOI 10.18699/VJ18.434. (In Russ.)
11. Stankova N.V., Savina M.A., Kapanadze G.D., *Biomeditsina*, 2017, No. 3, pp. 95–101. (In Russ.)
12. Nikitin S.V., Knyazev S.P., *Otbor i adaptatsiya v populyatsiyakh domashnikh svinei* (Selection and adaptation in domestic pig populations), Lambert Academy Publishing, 2015, 228 p.
13. Bomba L., Walter K., Soranzo N., The impact of rare and low-frequency genetic variants in common disease, *Genome Biol.*, 2017, Vol. 18, No. 1, pp. 77, DOI 10.1186/s13059-017-1212-4.
14. Gonzalez-Bosquet J., Chanock S.J., Basic principles and laboratory analysis of genetic variation, *IARC Sci Publ.*, 2011, Vol. 163, pp. 99–120.
15. Li M., Jin L., Ma J., Tian S., Li R., Li X., Detecting mitochondrial signatures of selection in wild Tibetan pigs and domesticated pigs, *Mitochondrial DNA: Part A*, 2016, Vol. 27, No. 1, pp. 747–752, DOI 10.3109/19401736.2014.913169.
16. St John J.C., Tsai T.S., The association of mitochondrial DNA haplotypes and phenotypic traits in pigs, *BMC Genet.*, 2018, Vol. 19, No. 1, pp. 41, DOI 10.1186/s12863-018-0629-4.
17. Wang D., Ning C., Xiang H., Zheng X., Kong M., Yin T., Liu J., Zhao X., Polymorphism of mitochondrial tRNA genes associated with the number of pigs born alive, *J Anim Sci Biotechnol.*, 2018, Vol. 9, pp. 86, DOI 10.1186/s40104-018-0299-0.

18. Shatokhin K., Nikitin S., Knyazev S., Zaporozhets V., Paskovskiy S., Y chromosome effect on prenatal live weight growth of laboratory minipigs, *International Scientific and Practical Conference "From inertia to develop: research and innovation support to agriculture"*. *E3S Web Conf.*, 2020, Vol. 176, pp. 01003, DOI 10.1051/e3sconf/202017601003.
19. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhec V.I., Kochnev N.N., Korshunova E.V., *APK Rossii*, 2021, No. 28(2), pp. 283–288. (In Russ.)
20. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhec V.I., Kochnev N.N., *Novejshie napravlenija razvitija agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchenyh* (The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists), Proceedings of the young scientists of SO VASHNIL/SFNCA RAN., 24 marth 2021, Krasnoobsk, pp. 177–181. (In Russ.)
21. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhec V.I., Sedovich M.E., Korshunova E.V., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), October 20, 2021, Proceedings of the scientific and practical conference of teachers, postgraduates, undergraduates and students of NGAU, Novosibirsk, 2021, pp. 502–506. (In Russ.)
22. Glantz S.A., *Primer of Biostatistics, 5th ed. McGraw-Hill*, New York, US, 2001.
23. Bland J.M., Altman D.G., Multiple significance tests: the Bonferroni method, *BMJ*, 1995, Vol. 310, No. 6973, pp. 710, DOI 10.1136/bmj.310.6973.170.
24. McDonald J.H., *Handbook of Biological Statistics (3rd ed.)*, Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 2014, <http://www.biostathandbook.com/permissions.html>.
25. Holt B., Bakken M., Vangen O., Genetic correlation between reproduction and production traits in swine, *J. Anim. Sci*, 2004., Vol. 82., pp. 3458–3464.

