



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2022 Том 17 № 4

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4

agrojournal.rudn.ru

Научный журнал

Издается с 2006 г.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77–61171 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Главный редактор

Ватников Ю.А., д-р вет. наук, проф., директор департамента ветеринарной медицины АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: vatnikov-yua@rudn.ru

Заместитель главного редактора

Пакина Е.Н., д-р биол. наук, директор Агробиотехнологического департамента АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: pakina-en@rudn.ru

Ответственный секретарь

Куликов Е.В., канд. биол. наук, доц. департамента ветеринарной медицины АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация

E-mail: kulikov-ev@rudn.ru

Члены редакционной коллегии

Азизи С., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран

Астарханова Т.С., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ

Благодатская Е.В., д-р биол. наук, проф., Центр экологических исследований им. Гельмгольца, Лейпциг, Германия

Валентини Р., д-р биол. наук, проф., лауреат Нобелевской премии мира (2007), Университет Тушии, Витербо, Италия

Васильев А.А., д-р биол. наук, проф., МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ

Гинс М.С., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФНЦО Овощеводства РАН, Московская обл., РФ

Долженко В.И., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ ВНИИЗР, Пушкин, Санкт-Петербург, РФ

Донник И.М., д-р биол. наук, проф., академик РАН, Российская академия наук, Москва, РФ

Дорожкин В.И., д-р биол. наук, академик РАН, проф., ВНИИВСГЭ — филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва, РФ

Дубенко Н.Н., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ

Егоров И.А., д-р биол. наук, академик РАН, проф., ФНЦ «ВНИТИП» РАН, Сергиев Посад, РФ

Еланский С.Н., д-р биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ

Забережный А.Д., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФГБНУ ВНИТИБП, Московская обл., РФ

Завалин А.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, РФ

Заргар М., канд. с.-х. наук, доц., РУДН, Москва, РФ

Игнатов А.Н., д-р биол. наук, проф., РУДН, Москва, РФ

Ковеос Д., PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Салоники, Греция

Коцаев А.Г., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., КубГАУ, Краснодар, РФ

Котарев В.И., д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВНИВИПФИТ», Воронеж, РФ

Кузяков Я.В., д-р биол. наук, проф., Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Геттинген, Германия

Ленченко Е.М., д-р вет. наук, проф., ФГБОУ ВО «МГУПП», Москва, РФ

Мохаммади-Неджад Г., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран

Никитченко Д.В., д-р биол. наук, проф., ОМПК, Москва, РФ

Новиков А.Е., д-р тех. наук, доц., ВолГТУ, Волгоград, РФ

Овчинников А.С., д-р с.-х. наук, чл.-кор. РАН, ВолГАУ, Волгоград, РФ

Пишоваров В.Ф., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФНЦО Овощеводства РАН, Московская обл., РФ

Пименов Н.В., д-р биол. наук, проф., проф. РАН, МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ

Плескачев Ю.Н., д-р с.-х. наук, проф., ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., РФ

Плющиков В.Г., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ

Соловьев А.А., д-р биол. наук, проф. РАН, проф., ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, РФ

Сычѳв В.Г., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, РФ

Ткачев А.В., д-р с.-х. наук, доц., РУДН, Москва, РФ

Уша Б.В., д-р вет. наук, заслуж. деятель науки и техники РФ, академик РАН, МГУПП, Москва, РФ

Чамурлиев Г.О., канд. с.-х. наук, РУДН, Москва, РФ

Юлдашбаев Ю.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ

Юсефи М., канд. биол. наук, доц., РУДН, Москва, РФ

**Вестник Российского университета дружбы народов.
Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО**

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

4 выпуска в год (ежеквартально)

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Языки: русский, английский.

Индексируется в РИНЦ (НЭБ), RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, AGRIS, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

Цели и тематика. Журнал «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство» — периодическое рецензируемое научное издание в области сельского хозяйства. Журнал является международным как по составу авторов и тематике публикаций, отражающей проблематику научных исследования в различных регионах мира, так и по составу редакционной коллегии и экспертного совета (рецензентов). Журнал предназначен для публикаций результатов фундаментальных и прикладных научных исследований российских и зарубежных ученых в виде оригинальных научных статей, обзорных научных материалов, научных сообщений, библиографических обзоров по определенным темам научных исследований. Также журнал публикует и распространяет результаты фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в коллаборации отечественных и зарубежных ученых по приоритетным проблемам сельскохозяйственной отрасли. В журнале могут быть опубликованы материалы, научная ценность которых и пригодность для публикации оценена рецензентами и редакционной коллегией журнала. Во всех материалах должны соблюдаться этические нормы научных публикаций.

Редакционная коллегия принимает к рассмотрению материалы по направлениям: агрономия, животноводство, ветеринария, зоотехния, ветеринарно-санитарная экспертиза, техносферная безопасность, землеустройство и кадастры, ландшафтная архитектура — для подготовки тематических выпусков с участием приглашенных редакторов.

Журнал рекомендован диссертационными советами РУДН; входит в перечень изданий, публикации которых учитываются Высшей аттестационной комиссией России (ВАК РФ) при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям: 1.5.9. Ботаника (сельскохозяйственные науки), 1.5.19. Почвоведение (сельскохозяйственные науки), 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (биологические науки, сельскохозяйственные науки), 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки, биологические науки), 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки, биологические науки), 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (биологические науки, сельскохозяйственные науки), 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки, биологические науки), 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки), 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки, биологические науки).

Требования к статьям и правила рецензирования, электронный архив в открытом доступе и иная дополнительная информация размещены на сайте журнала: <http://agrojournal.rudn.ru>

Редакторы: О.В. Горячева, М.И. Яблонская

Компьютерная верстка: М.В. Рогова

Адрес редакции:

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3

Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2

Тел.: (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 21.12.2022. Выход в свет 26.12.2022. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Tinos, Robot».

Усл. печ. л. 12,1. Тираж 500 экз. Заказ № 1231. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов» (РУДН)

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3,

тел. (495) 952-04-41; publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2022 VOLUME 17 No. 4
DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4
agrojournal.rudn.ru
Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

Yuriy A. Vatnikov,
D.Sc. in Veterinary Medicine, Professor,
Director of Department of Veterinary
Medicine, Agrarian and Technological
Institute, RUDN University, Moscow,
Russian Federation
E-mail: vatnikov-yua@rudn.ru

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Elena N. Pakina,
D.Sc. in Biology, Director of
Agrobiotechnology Department,
Agrarian and Technological Institute,
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: pakina-en@rudn.ru

EXECUTIVE SECRETARY

Evgeniy V. Kulikov,
Ph.D. in Biology, Associate Professor,
Department of Veterinary Medicine,
Agrarian and Technological Institute,
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: kulikov-ev@rudn.ru

EDITORIAL BOARD MEMBERS

- Sonia Agigi* — D. Sc. in Biology, Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Tamara S. Astarkhanova — D. Sc. in Agriculture, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Evgenia V. Blagodatskaya — D. Sc. in Biology, Professor, Helmholtz-Center for Environmental Research, Leipzig, Germany
Georgy O. Chamurlijev — Ph.D. in Agriculture, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Victor I. Dolzhenko — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg-Pushkin, Russian Federation
Irina M. Donnik — D. Sc. in Biology, Professor, Academician of the RAS, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Vasily I. Dorozhkin — D. Sc. in Biology, Academician of the RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Branch of Kovalenko All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, RAS), Moscow, Russian Federation
Nikolai N. Dubenok — D. Sc. in Agriculture, Professor, Academician of the RAS, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
Ivan A. Egorov — D. Sc. in Biology, Academician of the RAS, Professor, Head of the Scientific Direction of Poultry Nutrition, All-Russian Research and Technological Poultry Institute of RAS, Sergiev Posad, Russian Federation
Sergey N. Elansky — D. Sc. in Biology, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
Murat S. Güns — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Federal Scientific Center for Vegetable Growing of the RAS, Moscow Region, Russian Federation
Alexander N. Ignatov — D. Sc. in Biology, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Andrey G. Koshaev — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation
Vyacheslav I. Kotarev — D. Sc. in Agriculture, Professor, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russian Federation
Dimtrios Koveos — PhD, Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece
Yakov V. Kuzakov — Doctor of Biological Sciences, Professor, University of Göttingen, Göttingen, Germany
Ekaterina M. Lenchenko — D. Sc. in Veterinary Medicine, Professor, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation
Ghasem Mohammadi-Nejad — PhD, Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Dmitry V. Nikitchenko — D. Sc. in Biology, Professor, Ostankino Meat Processing Plant, Moscow, Russian Federation
Andrey E. Novikov — D. Sc. in Technology, Associate Professor, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
Aleksey S. Ovchinnikov — D. Sc. in Agriculture, Corresponding Member of the RAS, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation
Nikolai V. Pimenov — D. Sc. in Biology, Professor, Professor of the RAS, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russian Federation
Viktor F. Pivovarov — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Federal Scientific Center for Vegetable Growing of the RAS, Moscow Region, Russian Federation
Yury N. Pleskachev — D. Sc. in Agriculture, Professor, Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Region, Russian Federation
Vadim G. Plyushchikov — D. Sc. in Agriculture, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Alexander A. Solovyov — D. Sc. in Biology, Professor of the RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russian Federation
Victor G. Sychev — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation
Alexander V. Tkachev — D. Sc. in Agriculture, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Boris V. Usha — D. Sc. in Veterinary Medicine, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Academician of the RAS, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation
Riccardo Valentini — D. Sc. in Biology, Professor, Nobel Peace Prize Laureate (2007), University of Tuscia, Viterbo, Italy
Aleksey A. Vasiliev — D. Sc. in Biology, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russian Federation
Morteza Yousefi — Ph.D. in Biology, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Yusupzhan A. Yuldashbaev — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
Aleksey D. Zaberezhny — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor, All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, Moscow Region, Russian Federation
Meisam Zargar — Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Aleksey A. Zavalin — D. Sc. in Agriculture, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation

RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

Published by the RUDN University
(Peoples' Friendship University of Russia),
Moscow, Russian Federation

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

Publication frequency: Quarterly

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Languages: Russian, English

Indexed/abstracted by Russian Index of Science Citation, RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, AGRIS, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

Aims and Scope

RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries is a peer-reviewed periodical covering the latest research in the field of Agricultural Sciences. The journal is international with regard to its editorial board, contributing authors and thematic foci of the publications reflecting problems of various regions in the world.

The journal publishes original results of Russian and foreign scientific researchers and welcomes research articles, review articles, scientific reports, and bibliographic researches. The journal also publishes and disseminates the results of fundamental and applied research conducted by international collaborations of scientists on the priority problems of the agricultural sector.

The most common topics include Agronomy, Animal industries, Veterinary, Veterinary-sanitary expertise, Land use planning and cadaster, Landscape architecture.

The editors are open to thematic issue initiatives with guest editors. Submitted papers are evaluated by independent reviewers and the Editorial Board members specialized in the article field. All materials must comply with the ethical standards of scientific publications.

In order to expand our readership, we present our journal at scientific conferences, including the annual international conference "Innovation Processes in Agriculture", which is traditionally held at the base of the Agrarian Technological Institute of RUDN University. Each year the conference attracts many agrarian specialists from different parts of the world and continents: Europe, Asia, Africa, North and South America.

Full information for authors, reviewers, and readers (open access to electronic versions and subscription to print editions) can be found at <http://agrojournal.rudn.ru>

Editors *O.V. Goryacheva, M.I. Yablonskaya*
Computer design *M.V. Rogova*

Address of the Editorial Board:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation
Ph. +7 (495) 952-04-41
e-mail: publishing@rudn.ru

Postal Address of the Editorial Board:

8/2 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation
Ph. +7 (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Printing run 500 copies. Open price

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation,
Ph. +7 (495) 952-04-41; e-mail: publishing@rudn.ru

Содержание

Морфология и биохимия растений

Панфилов А.Л., Абдрашитов Р.Р. Влияние биоудобрений и осмотического стресса на морфологические показатели проростков ярового ячменя..... 425

Растениеводство

Заремук Р.Ш., Копнина Т.А. Перспективные сорта вишни обыкновенной *Prunus Cerasus* L. по комплексу показателей качества плодов в условиях южного региона России..... 437

Билалова Р.А. Опыт интродукции *Schizandra chinensis* на Южном Урале..... 448

Наумова Н.А. Эффективность использования микробиологических препаратов при возделывании ячменя ярового в условиях севера Астраханской области 455

Генетика и селекция растений

Зайцева Н.А., Ячменёва Е.В., Климова И.И. Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия..... 466

Защита растений

Мувинги М., Словарева О.Ю., Заргар М. Идентификация *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens* в зерне пшеницы методом ПЦР.....473

Животноводство

Корнелаева М.В., Карликова Г.Г. Воспроизводительные способности и молочная продуктивность коров в зависимости от физиологического статуса в период лактации484

Медведева Л.Н., Зорькина О.В., Московец М.В. Разведение перепелов в личных подсобных хозяйствах с включением в рацион питания *Chlorella vulgaris* 499

Генетика и селекция животных

Абрамова М.В., Ильина А.В., Барышева М.С., Малина Ю.И., Евдокимов Е.Г. Оценка селекционных признаков овец романовской породы в зависимости от полиморфизма гена гормона роста..... 514

Ветеринария

- Газин А.А., Ватников Ю.А., Абрамова Е.В.** Морфологическая характеристика лейдигом у собак527
- Гламаздин И.Г., Ткачев А.В., Ткачева О.Л., Кротова Е.А., Друковский С.Г., Петров А.К.** Зараженность мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области иксодовыми клещами536
- Дорожкин В.И., Герунов Т.В., Симонова И.А., Герунова Л.К., Крючек Я.О., Тарасенко А.А., Чигринский Е.А.** Микотоксикологический мониторинг кормов и его роль в профилактике микотоксикозов животных546
- Дускаев Г.К., Лазебник К.С., Климова Т.А.** Оценка микробного разнообразия слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров при введении кумарина и кормового антибиотика в рацион555

Contents

Morphology and biochemistry of plants

Panfilov A.L., Abdrashitov R.R. Effect of biofertilizers and osmotic stress on morphological parameters of spring barley seedlings..... 425

Crop production

ZaremuK R.S., Kopnina T.A. Promising varieties of sour cherry *Prunus cerasus* L. with a complex of fruit quality traits for growing in the southern Russia..... 437

Bilalova R.A. Introducing *Schizandra chinensis* into the Southern Urals..... 448

Naumova N.A. Effect of microbiological agents on spring barley cultivated in the north of the Astrakhan region..... 455

Genetics and plant breeding

Zaitseva N.A., Yachmeneva E.V., Klimova I.I. Breeding value of safflower in arid conditions of the Northern Caspian..... 466

Plant protection

Muvingi M., Slovareva O.Y., Zargar M. Identification of *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* and *Xanthomonas translucens* in wheat seeds using PCR.....473

Animal breeding

Kornelaeva M.V., Karlikova G.G. Reproductive capacity and milk production of cows depending on their physio-logical status during lactation.....484

Medvedeva L.N., Zorkina O.V., Moskovets M.V. Use of *Chlorella vulgaris* as a dietary supplement for quails bred at private farms 499

Genetics and selection of animals

Abramova M.V., Ilina A.V., Barysheva M.S., Malina J.I., Evdokimov E.G. Breeding characteristics of Romanov sheep depending on polymorphism of growth hormone gene 514

Veterinary science

- Gazin A.A., Vatnikov Y.A., Abramova E.V.** Morphological characteristics of testicular interstitial cell tumors in dogs.....527
- Glamazdin I.G., Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Krotova E.A., Drukovskiy S.G., Petrov A.K.** Infestation of mice with ixodid ticks in forests of Belgorod region.....536
- Dorozhkin V.I., Gerunov T.V., Simonova I.A., Gerunova L.K., Kryuchek Y.O., Tarasenko A.A., Chigrinski E.A.** Mycotoxicological monitoring of feed and its role in prevention of animal mycotoxicoses546
- Duskaev G.K., Lazebnik K.S., Klimova T.A.** Microbial diversity in the cecum of broiler chickens after introduction of coumarin and feed antibiotic into the diet555



Морфология и биохимия растений Morphology and biochemistry of plants


DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-425-436

УДК 633.16 «321»: 631.87

Научная статья / Research article

Влияние биоудобрений и осмотического стресса на морфологические показатели проростков ярового ячменя

А.Л. Панфилов  , Р.Р. Абдрашитов 

Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Российская Федерация
 panfilov-1@mail.ru

Аннотация. Один из путей повышения устойчивости сельскохозяйственных растений к абиотическим стрессам — применение биоудобрений, обладающих антистрессовыми и рострегулирующими свойствами. Они способствуют улучшению усвоения азота и фосфора из органических удобрений и почвенных запасов. Цель исследований — изучение посевных качеств семян, морфологических показателей проростков ярового ячменя при предпосевной обработке семян биоудобрениями в условиях достаточного увлажнения и на фоне осмотического стресса. Приведены данные лабораторного опыта по действию биоудобрений на проростки ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Губернаторский в условиях достаточного и недостаточного увлажнения. Обработку семян ячменя проводили однократно по следующей схеме: 1) контроль (дистиллированная вода) 10 л/т; 2) Гуми 20 М калийный (0,4 л/т); 3) Борогум-М комплексный (0,2 л/т); 4) ПЭГ-6000 (100 г/л); 5) Гуми 20 М (0,4 л/т) + ПЭГ-6000 (100 г/л); 6) Борогум-М комплексный (0,2 л/т) + ПЭГ 6000 (100 г/л). Обработка семян ярового ячменя биоудобрениями повышала энергию прорастания на 3...5 %, всхожесть на 2 %. При моделировании засухи с помощью препарата ПЭГ-6000 посевные качества семян снижались на 4 %. Изучаемые биоудобрения в условиях достаточного увлажнения оказывали комплексное положительное влияние на массу ростков и корней 3-дневных проростков ячменя, при этом увеличивались средняя длина 1 корешка, ростка и суммарная длина корней. Количество корешков существенно не изменялось. При недостатке влаги эффективность биоудобрения Борогум-М комплексный снижалась, в то время как биоудобрение Гуми 20 М калийный

© Панфилов А.Л., Абдрашитов Р.Р., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

в условиях индуцированного водного стресса оказывало положительное влияние на изученные показатели проростков ячменя.

Ключевые слова: яровой ячмень, семена, биоудобрения, энергия прорастания, всхожесть, осмотический стресс, проростки ячменя, *Hordeum vulgare* L.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Благодарности. Исследования проведены в соответствии с планом НИР на 2021—2030 гг. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по теме № 0526-2022-0014.

Вклад авторов: А.Л. Панфилов — анализ полученных данных, написание рукописи статьи, Р.Р. Абдрашитов — обработка экспериментальных данных.


История статьи: поступила в редакцию 21 июня 2022 г., принята к публикации 2 ноября 2022 г.

Для цитирования: Панфилов А.Л., Абдрашитов Р.Р. Влияние биоудобрений и осмотического стресса на морфологические показатели проростков ярового ячменя // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 425—436. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-425-436

Effect of biofertilizers and osmotic stress on morphological parameters of spring barley seedlings

Alexander L. Panfilov  , Rinat R. Abdrashitov 

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation

 panfilov-1@mail.ru

Abstract. One of ways to increase resistance of agricultural plants to abiotic stresses is the use of biofertilizers with anti-stress and growth-regulating properties. They improve absorption of nitrogen and phosphorus from organic fertilizers and soil. The purpose of the research was to study sowing qualities of seeds, morphological indicators of spring barley seedlings after presowing seed treatment with biofertilizers under conditions of sufficient humidification and osmotic stress. The laboratory experiment was carried out to study the effect of biofertilizers on seedlings of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cv. Gubernatorsky under conditions of sufficient and insufficient humidification. The barley seeds were treated once according to the following scheme: 1. control (distilled water) 10 L/t; 2. Gumi 20 M potash (0.4 L/t); 3. Borogum-M complex (0.2 L/t); 4. PEG 6000 (100 g/L); 5. Gumi 20 M (0.4 L/t) + PEG 6000 (100 g/L); 6. Borogum-M complex (0.2 L/t) + PEG 6000 (100 g/L). Treatment of spring barley seeds with biofertilizers increased the germination rate and germination capacity by 3...5 and 2 %, respectively. When modeling drought using PEG-6000, the sowing qualities of seeds decreased by 4 %. Under conditions of sufficient humidification, the studied biofertilizers had a complex positive effect on shoot and root weight of barley seedlings. In addition, the average length of roots, shoots and the total root length increased. The number of roots did not change significantly. Lack of moisture decreased the effectiveness of Borogum-M complex biofertilizer, while Gumi 20 M potassium biofertilizer had a positive effect on the parameters of barley seedlings under water stress conditions.

Key words: spring barley, seeds, biofertilizers, germination rate, germination capacity, osmotic stress, seedlings

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Acknowledgment. The research was performed in accordance with the research plan for 2021—2030 of Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (no. 0526-2022-0014).

Authors contribution. ALP designed the experiments; RRA collected the data; ALP analyzed the data; ALP wrote the paper.

Article history: Received: 21 June 2022. Accepted: 2 November 2022.

For citation: Panfilov AL, Abdrashitov RR. Effect of biofertilizers and osmotic stress on morphological parameters of spring barley seedlings. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):425—436. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-425-436

Введение

Ячмень яровой — важнейшая продовольственная и кормовая культура России [1]. Его посевная площадь в РФ в 2020 г. по данным Росстата составила 9,8 млн га при урожайности 24,7 ц с 1 га, валовой сбор — 18,9 млн т, или 14,0 % от общего валового сбора зерна в стране [2].

В зерне ячменя содержится: белка — от 7 до 15 %, углеводов — 65 %, жира — 2 %, клетчатки — 5...5,5 %. Белок ячменя ценен содержанием всех незаменимых аминокислот, особенно лизина и триптофана [3].

Ячмень выращивается во многих развивающихся странах, где часто подвергается сильной засухе, что существенно влияет на его продуктивность [4]. Согласно прогнозам, интенсивность засухи будет постепенно увеличиваться, что в сочетании с ростом населения планеты лишь усугубляет эту проблему и угрожает продовольственной безопасности страны [5].

Вызванные засухой нарушения физиолого-биохимических процессов отражаются на росте, анатомии и морфологии растения [6].

Лабораторные методы диагностики состояния проростков растений путем проращивания семян в растворах осмотиков, имитирующих засуху, позволяют ускорить оценку засухоустойчивости растений по сравнению с полевыми исследованиями [7].

Длина и масса ростков, развитие корневой системы проростков относятся к одним из основных критериев при создании засухоустойчивых сортов. Ухудшение перечисленных показателей приводит к значительному снижению урожайности сельскохозяйственных культур [8].

Для имитации недостатка влаги широко используется полимерный препарат полиэтиленгликоль (ПЭГ), который практически не проникает в ткани растений [9].

Под воздействием дефицита влаги изменяются форма и структура корней — они становятся более длинными, но при этом диаметр их сокращается, что приводит к снижению проводящей способности ксилемных сосудов [10] и возможности поглощать питательные вещества [11].

Хотя растения и обладают различными механизмами защиты для противодействия внешним негативным факторам, этого все же недостаточно для предотвращения губительного воздействия засушливых условий [12].

Повышение устойчивости растений к абиотическим стрессам возможно лишь на основе детального изучения физиологических особенностей формирования продуктивности и качества сельскохозяйственных культур, что является актуальной задачей [13]. Один из путей решения данной задачи — применение биостимуляторов, обладающих иммуностимулирующими свойствами и антистрессовой активностью [14].

Особенно представляют интерес препараты на основе гуминовых кислот, обладающие антистрессовыми и рострегулирующими свойствами. Они способствуют улучшению усвоения азота и фосфора из органических удобрений и почвенных запасов, повышают засухоустойчивость растений [15].

Применение органоминеральных удобрений и препаратов, содержащих гуминовые кислоты, усиливает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды [16].

Цель исследований — изучение посевных качеств семян, морфологических показателей проростков ярового ячменя при предпосевной обработке семян биоудобрениями в условиях достаточного увлажнения и на фоне осмотического стресса.

Материалы и методы исследования

Материалом для опытов послужили биоудобрения Гуми 20 М калийный и Борогум-М комплексный. Засушливые условия моделировались с помощью полимерного препарата ПЭГ 6000 (полиэтиленгликоль).

Характеристика препаратов:

Гуми 20 М калийный — гуминовое биоудобрение, обладающее антистрессовым, ростоускоряющим и иммуностимулирующим действием на растения. Состав: калийные соли биоактивированные по молекулярному весу гуминовых кислот; макро- и микроэлементы, %: N — 1; P₂O₅ — 1; K₂O — 2; B — 0,15; S — 0,3; Cu — 0,01; Zn — 0,01; Mn — 0,05; Co — 0,002; Mo — 0,007; Ni — 0,002; Li — 0,0005; Se — 0,0002; Cr — 0,0007. Cu, Zn, Mn, Co, Cr, Ni и Li содержатся в хелатной форме.

Борогум-М комплексный — органогуминовое биоудобрение — способствует стимуляции роста и быстрому корнеобразованию с выраженными иммуностимулирующими свойствами. Состав: калийные соли биоактивированные по молекулярному весу гуминовых кислот — 1 %. Фитоспорин-М — титр не менее 5×10⁸ КОЕ/мл. B — 4; S — 0,17; Fe — 0,05; Cu — 0,2; Zn — 0,01; Mn — 0,02; Mo — 0,05; Co — 0,005; Ni — 0,001; Li — 0,0002; Se — 0,0001; Cr — 0,0002. Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Li, Cr — в хелатной форме.

Полиэтиленгликоль (ПЭГ 6000) — полимер на основе этиленгликоля с молярной массой в 6000 единиц в виде воскообразных чешуек или плотной массы белого цвета.

Семена ячменя проращивали в растильнях между слоями фильтровальной бумаги в термостате ТСО-1М при температуре $+20 \pm 2$ °С, в темноте, предварительно обработанными изучаемыми препаратами по схеме:

1. Контроль (дистиллированная вода)— 10 л/т семян.
2. Гуми 20 М калийный— 0,4 л/т семян.
3. Борогум-М комплексный— 0,2 л/т семян.
4. Полиэтиленгликоль (ПЭГ 6000)— 100 г/л, что соответствует осмотическому давлению 0,15 МПа.
5. Гуми 20 М (0,4 л/т) + ПЭГ 6000 (100 г/л).
6. Борогум-М комплексный (0,2 л/т) + ПЭГ 6000 (100 г/л).

Повторность опыта четырехкратная, по 25 семян в каждом повторении. Объект исследования— сорт ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Губернаторский, который характеризуется устойчивостью к засухе и корневым гнилям.

На третьи сутки проводили учет энергии прорастания, на седьмые— определяли всхожесть (ГОСТ 12038—84). Одновременно с определением энергии прорастания проводили подсчет числа, массы и длины корешков, количества и массы ростков.

Оценка достоверности выборочных средних проведена по Б.А. Доспехову (1985). Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью программы NCSS and PASS 2000.

Результаты исследований и обсуждение

Обработка семян ярового ячменя биоудобрениями положительно повлияла на посевные качества. Энергия прорастания увеличивалась на 3 % при обработке семян Борогумом-М комплексным и на 5 % при использовании Гуми 20 М калийного. Всхожесть семян при применении данных биоудобрений повышалась на 2 % (рис. 1). Под воздействием «искусственной засухи», смоделированной препаратом ПЭГ 6000, энергия прорастания и всхожесть семян ярового ячменя снижались на 4 %.

Биоудобрения уменьшали негативное влияние полиэтиленгликоля на посевные качества семян ячменя: энергия прорастания увеличивалась на 1 % по сравнению с контрольным вариантом и на 5 % относительно варианта с обработкой семян ПЭГ 6000; всхожесть повышалась при обработке семян Борогумом-М комплексным на 2...6 %, а при применении Гуми 20 М калийного— на 3 %— только по сравнению с вариантом с обработкой семян ПЭГ 6000.

Применение биоудобрений способствовало увеличению массы ростков и корней ярового ячменя (рис. 2).

Наибольшую эффективность показала обработка семян Гуми 20 М калийным: масса ростков 10 семян увеличивалась на 0,04 г (6 %), масса корешков 10 семян на 0,11 г (18,6 %). При обработке семян Борогумом-М комплексным масса ростков повышалась на 0,03 г (4,5 %), масса корешков— на 0,04 г (6,8 %).

Индукцированная засуха оказывала негативное влияние на развитие ростков ячменя. Под ее воздействием масса корешков 10 семян снижалась на 22,0 %, масса 10 ростков— на 35,8 %. Использование Гуми 20 М калийного

сглаживало ее отрицательное воздействие на развитие корешков ярового ячменя (масса корешков 10 семян увеличивалась на 15,2 %), но не оказывало влияния на развитие ростков. Применение биоудобрения Борогум-М комплексный в условиях засухи усиливало ее отрицательное влияние на развитие корешков 3-дневных проростков ярового ячменя (-0,02 г), масса 10 ростков при этом увеличивалась на 0,03 г.

При оптимальном уровне увлажнения количество корешков одного проростка ярового ячменя при обработке семян биоудобрениями увеличивалось не существенно (+0,1 шт.) (табл. 1). В условиях «искусственной засухи» обработка семян Гуми 20 М и Борогум-М комплексный приводила к незначительному сокращению среднего числа корешков.

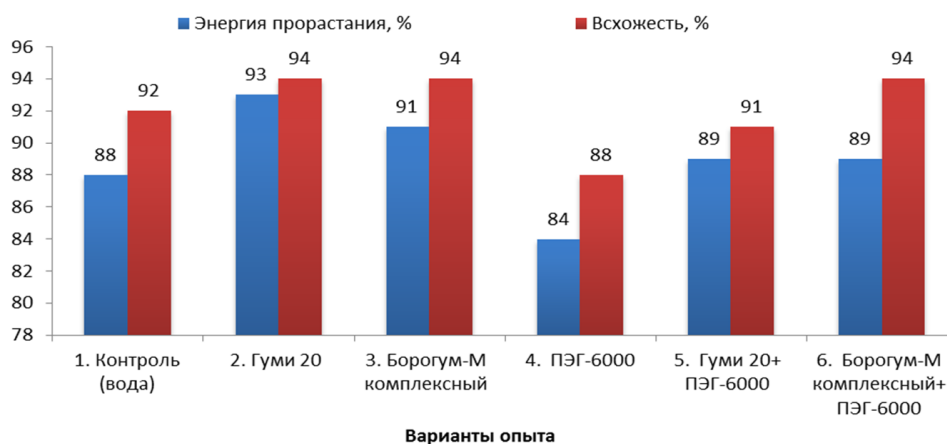


Рис. 1. Влияние обработки семян ярового ячменя биоудобрениями и полиэтиленгликолем на посевные качества

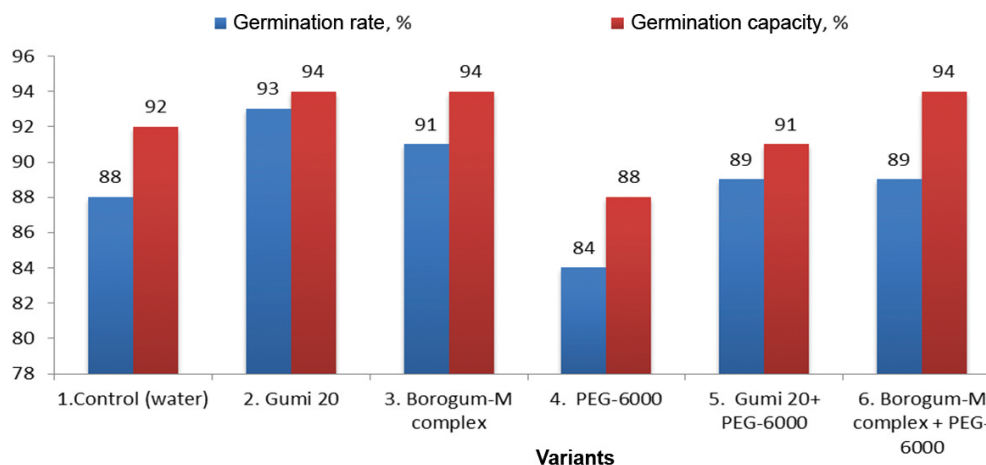


Fig. 1. Effect of biofertilizers and polyethylene glycol on spring barley seeds

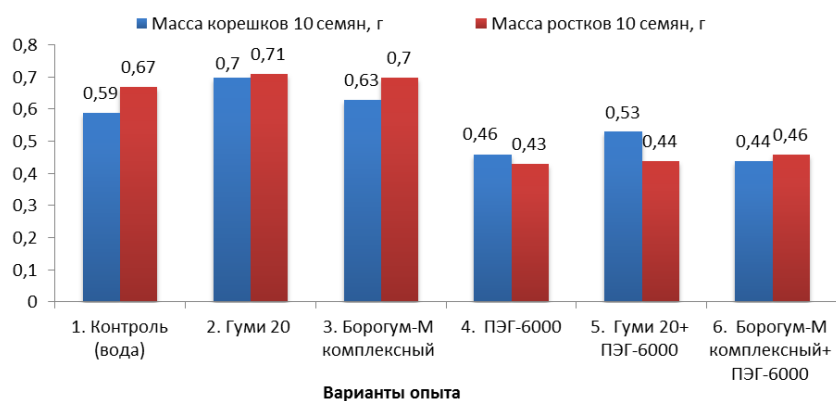


Рис. 2. Влияние биоудобрений и препарата ПЭГ 6000 на развитие проростков ярового ячменя

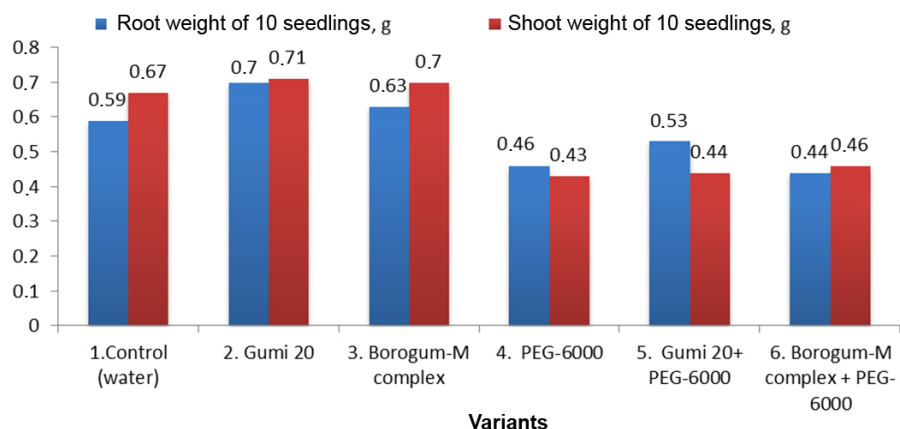


Fig. 2. Effect of biofertilizers and PEG 6000 on the development of spring barley seedlings

Таблица 1

Влияние обработки семян биоудобрениями на развитие корней проростков ярового ячменя при различных режимах увлажнения

Варианты опыта	Среднее число корешков 1 проростка		Средняя длина 1 корешка		Суммарная длина корешков 1 проростка	
	штук	± к контролю	см	± к контролю	см	± к контролю
Контроль	4,8	—	5,4	—	26,3	—
Гуми 20 М калийный	4,9	+0,1	6,6	+1,2	32,0	+5,7
Борогум-М комплексный	4,9	+0,1	6,1	+0,7	29,6	+3,3
ПЭГ 6000	4,7	-0,1	5,4	0,0	25,2	-1,1
Гуми 20 М калийный + ПЭГ 6000	4,7	-0,1	5,8	+0,4	27,1	+0,8
Борогум-М комплексный + ПЭГ 6000	4,6	-0,2	5,3	-0,1	24,5	-1,8
HCP_{05}		0,2		0,6		3,5

Table 1

Effect of seed treatment with biofertilizers on the development of roots of spring barley seedlings under different humidification conditions

Variants	Average number of roots per seedling		Average root length		Total root length per seedling	
	roots	± to the control	cm	± to the control	cm	± to the control
Control	4.8	—	5.4	—	26,3	—
Gumi 20 M potash	4.9	+0.1	6.6	+1,2	32,0	+5,7
Borogum-M complex	4.9	+0.1	6.1	+0,7	29,6	+3,3
PEG 6000	4.7	-0.1	5.4	0,0	25,2	-1,1
Gumi 20 M potash + PEG 6000	4.7	-0.1	5.8	+0,4	27,1	+0,8
Borogum-M complex + PEG 6000	4.6	-0.2	5.3	-0,1	24,5	-1,8
LSD ₀₅	0.2		0.6		3.5	

Суммарная длина зародышевых корешков 3-дневных проростков ячменя складывается из двух показателей: числа корешков и средней длины одного корешка. Использование биоудобрений для обработки семян ячменя существенно увеличивало среднюю длину 1 корешка (на 0,7...1,2 см) и суммарную длину корешков 1 проростка на 5,7 см (Гуми 20 М калийный). Влияние Борогум-М комплексного на суммарную длину корешков было несущественным (+3,3 см). Полиэтиленгликоль не влиял на длину 1 корешка, суммарная длина корешков одного проростка при этом снижалась на 1,1 см за счет уменьшения их количества.

В условиях искусственной засухи гуминовое биоудобрение (Гуми 20 М) снижало ее отрицательное воздействие на длину корневой системы 3-дневных проростков ярового ячменя: длина 1 корешка увеличивалась на 0,4 см, суммарная длина корешков — на 0,8 см. Использование органогуминового биоудобрения (Борогум М комплексный) сокращало среднюю длину 1 корешка на 0,1 см, суммарную длину корешков 1 проростка на 1,8 см.

Проведенный статистический регрессионный анализ влияния факторов, детерминирующих суммарную длину зародышевых корешков ярового ячменя, показал, что в условиях оптимального увлажнения на контроле доля влияния фактора количество корешков составляло 25,1 %, доля фактора средняя длина 1 корешка — 74,1 %, что детерминировало 99,2 % общей длины корешков проростка (табл. 2).

Таблица 2

Доля влияния факторов, детерминирующих суммарную длину зародышевых корешков ячменя при различных условиях увлажнения, %

Факторы	Оптимальное увлажнение			Недостаточное увлажнение (ПЭГ 6000)		
	Контроль	Гуми 20 М калийный	Борогум-М комплексный	Контроль	Гуми 20 М калийный	Борогум-М комплексный
Число корешков	25,1	45,8	39,5	20,6	41,8	52,7
Средняя длина корня	74,1	53,3	59,8	75,1	57,6	46,5
Итого	99,2	99,1	99,3	95,7	99,4	99,2

Table 2

Factors determining the total length of germinal roots of barley under different humidification conditions, %

Factors	Optimal humidification			Insufficient humidification (PEG 6000)		
	Control	Gumi 20 M potash	Borogum-M complex	Control	Gumi 20 M potash	Borogum-M complex
Number of roots	25.1	45.8	39.5	20.6	41.8	52.7
Average root length	74.1	53.3	59.8	75.1	57.6	46.5
Total	99.2	99.1	99.3	95.7	99.4	99.2

Обработка семян биоудобрениями Гуми 20 М калийный и Борогум М комплексный изменило это соотношение в сторону увеличения доли количества корешков в формировании их суммарной длины до 45,8 и 39,5 % соответственно. В условиях достаточного увлажнения биоудобрения способствовали образованию большего числа корешков по сравнению с контрольным вариантом.

Создание «искусственной засухи» с помощью препарата ПЭГ 6000 показало, что соотношение доли данных показателей в детерминации суммарной длины корешков проростка ячменя в контрольном варианте изменялось незначительно: 20,6 % — от числа корешков и 75,1 % — от средней длины одного корешка. Обработка семян Гуми 20 М калийный увеличивало долю средней длины корешка до 57,6 %, а применение Борогум-М комплексный снижало до 46,5 %.

Таким образом, в засушливых условиях биоудобрения проявляют себя неоднозначно: Гуми 20 М калийный стимулирует рост корешков ячменя в длину, а Борогум-М комплексный способствует образованию большего количества корешков одного проростка.

Предпосевная обработка семян ячменя в условиях достаточного увлажнения Гуми 20 М калийным показала существенное увеличение (+ 0,5 см) средней длины проростка (табл. 3).

Таблица 3

Влияние обработки семян биоудобрениями на длину ростков ярового ячменя при разных режимах увлажнения

Варианты опыта	Средняя длина 1 ростка	
	см	± к контролю
Контроль	5,0	—
Гуми 20 М калийный	5,5	+0,5
Борогум-М комплексный	5,1	+0,1
ПЭГ 6000	3,9	-1,1
Гуми 20 М калийный + ПЭГ 6000	4,1	-0,9
Борогум-М комплексный + ПЭГ 6000	3,8	-1,2
НСР ₀₅ = 0,4		

**The effect of seed treatment with micro fertilizers on the length of spring sprouts
barley in different humidification modes**

Experience options	Average length of 1 sprout	
	cm	± k control
Control	5,0	—
Gumi 20 M potash	5,5	+0,5
Borogum-M complex	5,1	+0,1
PEG 6000	3,9	-1,1
Gumi 20 M potash + PEG 6000	4,1	-0,9
Borogum-M complex + PEG 6000	3,8	-1,2
NSR ₀₅ = 0,4		

Влияние Борогум-М комплексного было незначительным (+0,1 см). При моделировании «искусственной засухи» средняя длина 1 ростка во всех вариантах опыта существенно сокращалась (на 0,9...1,2 см).

Заключение

Предпосевная обработка семян ярового ячменя биоудобрениями повышала энергию прорастания на 3...5 %, всхожесть — на 2 %. При моделировании засухи с помощью препарата ПЭГ 6000 энергия прорастания и всхожесть семян снижались на 4 %. Биоудобрения нивелировали негативное влияние засухи. Применение Гуми 20 М калийного и Борогум-М комплексного приводило к увеличению массы ростков на 4,5...6,0 %, массы корней на 6,8...18,6 %. Обработка семян полиэтиленгликолем снижала массу десяти 3-дневных ростков ячменя на 35,8 %, массу корешков на 22,0 %. На количество корешков изучаемые варианты опыта существенного влияния не оказали. Гуминовое биоудобрение Гуми 20 М калийное положительно влияло на длину 1 корешка и суммарную длину корней одного проростка как в обычных условиях (+1,2...+5,7 см), так и в засушливых (+0,4...+0,8 см). Органическое биоудобрение Борогум-М комплексный увеличивало длину корней 3-дневных проростков ячменя только при достаточном увлажнении (+0,7...+3,3 см), недостаток влаги приводил к сокращению длины корешков на 0,1...0,8 см. Статистический регрессионный анализ показал, что в засушливых условиях биоудобрения проявляют себя неоднозначно: Гуми 20 М калийный стимулирует рост корешков ячменя в длину, а Борогум-М комплексный способствует образованию большего количества корешков одного проростка. В условиях засухи средняя длина проростков существенно снижалась — на 0,9...1,2 см.

Библиографический список

1. Седяков М.В. Влияние агротехнологических приемов на хозяйственно — ценные признаки новой перспективной линии ярового ячменя л-1800 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 1(62). С. 59—67. doi: 10.24412/2078-1318-2021-1-59-67
2. Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. / Росстат. М., 2021. 100 с.

3. Тупсина Н.Н., Селезнева Г.К. Использование ячменной муки в производстве хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2011. № 10. С. 204—208.
4. Ceccarelli S., Grando S., Baum M. Participatory plant breeding in water-limited environments // *Experimental Agriculture*. 2007. Vol. 43. № 4. Pp. 411—435. doi: 10.1017/S0014479707005327
5. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: механизмы реализации и практическая значимость (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 5. С. 843—867. doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.843rus
6. Лубянова А.Р., Масленникова Д.Р., Шакирова Ф.М. Защитное действие 24-эпибрассинолида на растения пшеницы в условиях нарушения водного режима // *Биомика*. 2021. Т. 13. № 1. С. 47—53. doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-5
7. Куликова Н.А., Филиппова О.И., Перминова И.В. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к проросткам пшеницы в условиях водного дефицита // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 2. С. 35—39.
8. Бычкова О.В., Хлебцова Л.П., Совриков А.Б., Титова А.М. Реакция генотипов яровой твердой пшеницы в условиях моделированного осмотического и солевого стресса // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 2(160). С. 5—11.
9. Kawasaki T., Akiba T., Moritsugu M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants. I. Water culture experiments in a greenhouse // *Plant Soil*. 1983. Vol. 75. P. 75—85.
10. Шарипова Г.В., Веселова С.В., Веселов Д.С. Динамика показателей водного обмена у растений ячменя на фоне умеренного осмотического стресса // *Биомика*. 2013. Т. 5. № 3—4. С. 130—135.
11. Hellal F.A., El-Shabrawi H.M., Abd El-Hady M., Khatab I.A., El-Sayed S.A.A., Abdelly C. Influence of PEG induced drought stress on molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars // *J Genet Eng Biotechnol*. 2018. Vol. 16. № 1. P. 203—212. doi: 10.1016/j.jgeb.2017.10.009
12. Ahmad Z., Waraich E.A., Akhtar S., Anjum S., Ahmad T., Mahboob W., Hafeez O.B.A., Tapera T., Labuschagne M., Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2018. Vol. 40. doi: 10.1007/s11738-018-2651-6
13. Тютчев С.Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве // Вестник защиты растений. 2000. № 1. С. 11—33.
14. Яблонская Е.К., Ненько Н.И., Нецадим Н.Н., Сонин К.Е., Богатырёв А.Ю. Применения регулятора роста растений, иммунизатора — препарата фуrolан при возделывании подсолнечника в Краснодарском крае // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 1522—1544. doi: 10.21515/1990-4665-121-093
15. Naveen K.A. *Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances*. Springer India; 2013. 459 p. doi: 10.1007/978-81-322-1287-4
16. Наими О.И., Поволоцкая Ю.С. Биологическое земледелие и экологические аспекты применения гуминовых препаратов // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019. № 3—1. С. 121—123.

References

1. Sedyakov MV. Influence of agrotechnological techniques on economically valuable features of a new promising line of spring barley I-1800. *Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university*. 2021;(1):59—67. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2021-1-59-67
2. Russian Federal State Statistics Service. *Sel'skoe khozyaistvo v Rossii* [Agriculture in Russia]. Moscow; 2021. (In Russ.).
3. Tipsina NN, Selezneva GK. Barley flour use for bakery product manufacture. *Bulletin of KSAU*. 2011;(10):204—208. (In Russ.).
4. Ceccarelli S, Grando S, Baum M. Participatory plant breeding in water-limited environments. *Experimental Agriculture*. 2007;43(3):411—435. doi: 10.1017/S0014479707005327
5. Lastochkina OV. Adaptation and resistance of wheat plants to drought mediated by natural growth regulators of *Bacillus* spp.: mechanisms of implementation and practical significance (review). *Agricultural Biology*. 2021;56(5):843—867. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.843rus
6. Lubyanova AR, Maslennikova DR, Shakirova FM. Protective effect of 24-epibrassinolide on wheat plants under water deficit. *Biomcs*. 2021;13(1):47—53. (In Russ.). doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-5

7. Kulikova NA, Filippova OI, Perminova IV. Protective activity of humic substances in relation to wheat seedlings under water deficiency conditions. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2018;(2):35—39. (In Russ.).
8. Bychkova OV, Khlebova LP, Sovrikov AB, Titova AM. Reaction of spring durum wheat genotypes under the conditions of simulated osmotic and salt stresses. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2018;(2):5—11. (In Russ.).
9. Kawasaki T, Akiba T, Moritsugu M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants. I. Water culture experiments in a greenhouse. *Plant and Soil*. 1983;75(1):75—85.
10. Sharipova GV, Veselova SV, Veselov DS. Dynamics of features of a water exchange during moderate osmotic stress. *Biomics*. 2013;5(3—4):130—135. (In Russ.).
11. Hella FA, El-Shabrawi HM, Abd El-Hady M, Khatab IA, El-Sayed SAA, Abdely C. Influence of PEG induced drought stress on molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars. *J Genet Eng Biotechnol*. 2018;16(1):203—212. doi: 10.1016/j.jgeb.2017.10.009
12. Ahmad Z, Waraich EA, Akhtar S, Anjum S, Ahmad T, Mahboob W, Hafeez OBA, Tapera T, Labuschagne M, Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2018;40:80. doi: 10.1007/s11738-018-2651-6
13. Tyuterev SL. Physiology-biochemical bases for stress resistance management in plants in adaptive agriculture. *Plant protection news*. 2000;(1):11—33. (In Russ.).
14. Yablonskaya EK, Nenko NI, Neshadim NN, Sonin KE, Bogatyrev AY. The application of furolan plant growth regulator and immunizer on sunflower cultivation in the Krasnodar region. *Polythematic online scientific journal of Kuban state agrarian university*. 2016;(121):1522—1544. (In Russ.). doi: 10.215/1990-4665-121-093
15. Naveen KA. (ed.) *Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances*. Springer New Delhi; 2013. doi: 10.1007/978-81-322-1287-4
16. Naimi OI, Povolotskaya YS. Biological farming and ecological aspects of the humic preparations application. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2019;(3—1):121—123. (In Russ.).

Об авторах:

Панфилов Александр Леонидович — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина, д. 27/1; e-mail: panfilov-1@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1210-6350

SPIN-код: 3694-4614

Абдрашитов Ринат Римович — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина, д. 27/1; e-mail: orniish_tzk@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0946-068X

About authors:

Panfilov Aleksandr Leonidovich — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Grain and Forage Crops Technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarina ave., 460051, Orenburg, Russian Federation; e-mail: panfilov-1@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1210-6350

SPIN: 3694-4614

Abdrashitov Rinat Rimovich — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Department of Grain and Forage Crops Technologies, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarina ave., 460051, Orenburg, Russian Federation; e-mail: orniish_tzk@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0946-068X




Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-437-447

УДК 634.23:658

Научная статья / Research article

Перспективные сорта вишни обыкновенной *Prunus Cerasus L.* по комплексу показателей качества плодов в условиях южного региона России

Р.Ш. Заремук , Т.А. Копнина  Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
г. Краснодар, Российская Федерация tatjanakopnina@rambler.ru

Аннотация. Южный сортимент вишни не совсем отвечает современным требованиям производства. Многие сорта малопродуктивны, не устойчивы к коккомикозу и монилиозу, мелкоплодны, с низкими вкусовыми качествами. Вместе с тем созданы сорта нового поколения, которые не изучены по комплексу вкусовых и товарных качеств плодов. Оценка новых сортов по этим признакам является актуальной. Цель исследований — всесторонняя оценка сортов вишни различного происхождения по товарным, биохимическим, вкусовым показателям плодов. Исследования проводились в Прикубанской зоне садоводства Краснодарского края. Объекты исследований — 9 сортов вишни. Полевые и лабораторные исследования проводились по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», 1999; «Методическим указаниям по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности» (1993). Статистическая обработка проведена по Б.А. Доспехову (2014) и Г.Ф. Лакину (1990). Установлено, что средняя масса плодов сортов вишни варьировала незначительно — от 2,72 до 6,45 г, что подтверждено коэффициентом варьирования (23,3 %). Показатели максимальной и минимальной массы плодов варьировали по сортам значительно, коэффициенты варьирования составили соответственно 27,2 и 29,7 %. Выделены сорта вишни: с крупными плодами — Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Призвания и Светлая;

© Заремук Р.Ш., Копнина Т.А., 2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

высоким содержанием сахаров в плодах — Фея, Джуси Фрут и Игрушка; низкой кислотностью — Фея, Дюк Ходоса, Призвание, Светлая и Джуси Фрут; высоким содержанием: растворимых сухих веществ — Фея, Джуси Фрут и Игрушка, витамина С — Фея, Игрушка и Дюк Ходоса, витамина Р — Игрушка, Дюк Ходоса, Призвание, Светлая и Джуси Фрут, антоцианов — Дюк Ходоса, Призвание, Джуси Фрут и Дюк Ивановна. Сорты вишни Фея, Джуси Фрут, Дюк Ходоса и Игрушка характеризуются плодами с высоким содержанием комплекса биохимических соединений. По массе, размеру плода и гармоничному сочетанию биохимических показателей выделены сорта Игрушка и Дюк Ходоса, рекомендуемые для расширения южного сортимента вишни и селекции на улучшение качества плодов.

Ключевые слова: вишня, сорт, масса плода, размер плода, биохимические показатели

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Благодарности. Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ СКФНЦСВВ (№ 0498-2022-0001).

История статьи: поступила в редакцию 19 апреля 2022 г., принята к публикации 22 июля 2022 г.

Для цитирования: Заремук Р.Ш., Копнина Т.А. Перспективные сорта вишни обыкновенной *Prunus Cerasus L.* по комплексу показателей качества плодов в условиях южного региона России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 437—447. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-437-447

Promising varieties of sour cherry *Prunus cerasus L.* with a complex of fruit quality traits for growing in the southern Russia

Rimma Sh. Zaremuk , Tatiana A. Koptina  

North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture,
Krasnodar, Russian Federation
 tatjanakoptina@rambler.ru

Abstract. Southern assortment of cherries does not quite meet the modern requirements of production. Many varieties are low-productive, not resistant to cherry leaf spot (*Coccomyces hiemalis*) and moniliosis (*Monilia cinerea*), small-fruited, with low taste qualities. However, new varieties have been created that have not been studied by the complex of consumer and commodity qualities of fruits. Thus, evaluation of new varieties for these traits is relevant. The aim of the research was to evaluate cherry varieties of different origin for commodity, biochemical, and consumer qualities of fruits. The research was carried out in the Kuban horticultural zone of the Krasnodar territory. Objects of the research were 9 varieties of sour cherry trees. Field and laboratory studies were conducted according to ‘Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops’ (1999), ‘Methodological instructions on chemical and technological variety testing of vegetable, fruit and berry crops for canning industry’ (1993). Statistical analysis was carried out according to B.A. Dospikhov (2014) and G.F. Lakin (1990). It was found that the average fruit weight of cherry varieties varied not significantly — from 2.72 to 6.45 g, which was confirmed by the coefficient of variation (23.3 %). Indicators of maximum and minimum fruit weight varied significantly in varieties, coefficients of variation were 27.2 and 29.7 %, respectively. The following cherry varieties with large fruits were identified: Timati, Igrushka, Duk Ivanovna, Duk Khodosa, Prizvaniya and Svetlaya. were distinguished. Cherry varieties with high sugar content in fruits were as follows: Feiya, Dzhusi Frut and Igrushka. Feiya, Duk Khodosa, Prizvanie, Svetlaya and Dzhusi Frut had fruits with low acidity; Feiya, Dzhusi Frut and Igrushka fruits were characterized by high content of soluble solids in fruits. Feiya, Igrushka and Duk Khodosa fruits had the highest content of vitamin C; Igrushka, Duk Khodosa, Prizvanie, Svetlaya and Dzhusi Frut were rich in Vitamin P; Duk Khodosa, Prizvanie, Dzhusi Frut and Duk Ivanovna had the largest

anthocyanin content. Therefore, Igrushka and Duk Khodosa cherry varieties are recommended for growing in the southern Russia and breeding for improvement of fruit quality.

Keywords: sour cherry, variety, fruit weight, fruit size, biochemical indicators

Conflicts of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: The study was carried out in accordance with the state task of North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture (no. 0498-2022-0001).

Article history: Received: 19 April 2022. Accepted: 22 July 2022.

For citation: Zaremuk RS, Kopnina TA. Promising varieties of sour cherry *Prunus cerasus* L. with a complex of fruit quality traits for growing in the southern Russia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):437–447. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-437-447

Введение

Вишня — одна из распространенных плодовых косточковых культур, возделываемая практически во всех регионах России [1—3].

Вишня обыкновенная (*Prunus Cerasus* L.) принадлежит к роду *Prunus*, семейству *Rosaceae*, является аллотетраплоидным видом ($2n = 4x = 32$), возникшим в результате естественной гибридизации между вишней степной (*P. fruticosa*) и черешней (*P. avium*) [4—6]. Она скороплодная, неприхотливая к условиям произрастания, регулярно плодоносящая косточковая культура [7, 8]. Большинство сортов вишни характеризуется высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, жаростойкостью и достаточно высокой урожайностью [7, 9].

Вишня является ценной косточковой культурой, плоды которой содержат витамины С, Р, В2, В9, кумарины, железо, микроэлементы, кислоты, сахара, полифенолы и т.д. [1, 7, 9—11]. Так содержание железа в плодах вишни варьирует в пределах 1...3 мг; содержание фолиевой кислоты составляет 0,4...0,5 мг%, кислот — 1,2...2,0 %, сахаров — 8,0...12,0 %, полифенольных соединений — около 800 мг/100 г, кумарина — 1,2 мг% [12—14].

Вишня обыкновенная занимает определенное место в промышленном садоводстве, современный сортимент культуры включает большое число сортов и представлен как российскими, так и интродуцированными сортами различного происхождения. Однако сортимент немного устарел и многие сорта уже не отвечают современным требованиям производства. Они недостаточно устойчивы к основным болезням (Фанал, Нефрис, Норд-Стар и др.), мелкоплодны (Владимирская, Булатниковская, Любская, Облачинская, Орлица, Нортстар и др.) низкоурожайны (Облачинская, Рекселе, Избранница и др.), обладают невысокими вкусовыми качествами (Фанал, Келлерис, Орлица и др.).

Вместе с тем сортимент обновляется, и на сегодня созданы новые российские и интродуцированные сорта. Эти сорта представляют большой интерес для изучения по основным хозяйственно-ценным признакам адаптивности и продуктивности (особенно по комплексу вкусовых и товарных качеств плодов), определяющим

ценность сорта для возделывания в промышленных насаждениях и использования в селекционной работе в качестве источников ценных признаков, что является актуальным научным направлением.

Цель исследования — комплексная оценка сортов вишни различного эколого-географического происхождения по товарным, биохимическим показателям плодов для выделения лучших сортов с ценным биохимическим составом и высокими товарными качествами.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в Прикубанской зоне садоводства Краснодарского края, на базе генетической коллекции вишни, сосредоточенной в Центре коллективного пользования (ЦКП) Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ) с 2017 по 2021 гг. Объекты исследований — 9 сортов вишни обыкновенной: Фея, Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Призвание, Светлая, Джуси Фрут и Краснодарская сладкая — различного эколого-географического происхождения. Схема посадки 5 × 3 м. Подвой сеянцы антипки. Схема формирования деревьев разреженно-ярусная. Контроль — районированный сорт Краснодарская сладкая. Почвы опытного участка представлены черноземом выщелоченным, сверхмощным слабогумусным легкоглинистым на лёссовидных глинах, рН водное почвы 6,8...7,22 [15].

Полевые исследования проводились согласно «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур»¹, «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур»².

Оценка биохимических показателей плодов проведена в лаборатории хранения и переработки плодов и ягод СКФНЦСВВ согласно методическим указаниям³; содержание витамина С определяли ускоренным методом биохимического исследования растений⁴; содержание растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ ISO 2173—2013⁵; общих сахаров — по ГОСТ ISO 8756.13—87⁶; определение титруемых кислот вели в соответствии с ГОСТ ISO 750—2013⁷; оценка свежих плодов проводилась по ГОСТу 33801—2016. Вишня и черешня свежие⁸.

Статистическую обработку результатов проведена по Б.А. Доспехову⁹ и Г.Ф. Лакину¹⁰. Расчеты выполняли в программе Excel.

¹ Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общей ред. Е.Н. Седова. Орел: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, 1995. 502 с.

² Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 606 с.

³ Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности. М., 1993. 152 с.

⁴ Ермаков, А.И., Арасимович В.Е., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456 с.

⁵ ГОСТ ISO 2173—2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.

⁶ ГОСТ ISO 8756.13—87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с.

⁷ ГОСТ ISO 750—2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемых кислот. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.

⁸ ГОСТ 33801—2016. Вишня и черешня свежие. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 18 с.

⁹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

¹⁰ Лакин Г.Ф. Биометрия. Изд. четвертое, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1990. 350 с.

Результаты исследования и обсуждение

Комплексный признак — качество плодов — определяется размером, массой, биохимическим составом, дегустационной оценкой — важным показателем для сорта вишни, от которого зависит направленность его использования. Сопряженно с этим были проведены учеты и наблюдения, в результате которых определено, что у изучавшихся сортов вишни масса плодов в среднем составила 5,19 г, но значительно варьировала по сортам — от 2,72 у сорта Джуси Фрут до 6,45 г у Дюк Ходоса. Так показатели «минимальной» массы в годы исследований варьировали от 2,3 г у сорта Джуси Фрут до 5,8 г у сорта Игрушка; показатели «максимальной» массы — от 3,19 г у сорта Джуси Фрут до 8,04 г у Игрушки (табл. 1).

Таблица 1

Техническая оценка плодов сортов вишни обыкновенной различного эколого-географического происхождения в условиях Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края, 2017–2021 гг.

Сорт	Масса плода, г			Масса косточки, г	Размер плода, мм		Масса плода к массе косточки, %
	Min	Max	Средняя		Диаметр <i>D</i>	Высота <i>H</i>	
Краснодарская сладкая (к)	3,47	5,61	5,02	0,31	21,0	18,0	6,2
Фея	3,18	4,91	4,05	0,29	19,5	16,0	7,2
Тимати	4,52	6,11	5,14	0,39	21,0	18,0	7,6
Игрушка	5,80	8,04	6,19	0,45	23,5	21,0	7,3
Дюк Ивановна	5,28	7,23	6,38	0,34	23,0	19,0	5,3
Дюк Ходоса	5,66	7,45	6,45	0,37	24,0	19,5	5,7
Призвание	4,84	6,61	5,67	0,39	22,0	18,0	6,9
Светлая	3,11	4,16	5,16	0,20	18,5	15	3,9
Джуси Фрут	2,30	3,19	2,72	0,25	17	16	9,2
Среднее	4,24	5,92	5,19	0,33	21,0	18,0	6,6
НСР ₀₅	0,9	1,0	0,9	0,20	1,2	1,1	—
<i>Sv</i> — коэффициент вариации, %	29,7	27,2	23,3	21,2	10,3	9,1	—

Table 1

Technical assessment of cherry fruits of various ecological and geographical origin in conditions of Prikuban horticultural zone, Krasnodar Territory, 2017–2021

Cultivar	Fruit weight, g			Kernel weight, g	Fruit size, mm		Fruit/kernel ratio, %
	Min	Max	Mean		Diameter D	Height H	
Krasnodarskaya sladkaya (control)	3.47	5.61	5.02	0.31	21.0	18.0	6.2
Feya	3.18	4.91	4.05	0.29	19.5	16.0	7.2
Timati	4.52	6.11	5.14	0.39	21.0	18.0	7.6
Igrushka	5.80	8.04	6.19	0.45	23.5	21.0	7.3
Duk Ivanovna	5.28	7.23	6.38	0.34	23.0	19.0	5.3
Duk Hodosa	5.66	7.45	6.45	0.37	24.0	19.5	5.7
Prizvaniye	4.84	6.61	5.67	0.39	22.0	18.0	6.9
Svetlaya	3.11	4.16	5.16	0.20	18.5	15	3.9
Dzhusi Frut	2.30	3.19	2.72	0.25	17	16	9.2
Mean	4.24	5.92	5.19	0.33	21.0	18.0	6.6
LSD _{0.5}	0.9	1.0	0.9	0.20	1.2	1.1	–
Cv – variation coefficient, %	29.7	27.2	23.3	21.2	10.3	9.1	–

По Г.Ф. Лакину¹⁰ изменение признаков, в т.ч и качество плодов плодовых культур, характеризуется коэффициентом вариации Cv и его значение остается более или менее устойчивым и при симметричных распределениях обычно не превышает 50 %. А варьирование считается слабым, если не превосходит 10 %, средним при 11...25 % и значительным при Cv =>25 %. Мы провели статистическую обработку полученных данных и определили, что коэффициент варьирования минимальной и максимальной массы плодов вишни разных сортов был значительным—29,7 и 27,2 % соответственно. Варьирование средней массы плодов у сортов вишни было на уровне среднего значения 23,3 % и массы косточки, также средним на уровне 21,2 %.

На основе анализа данных по массе плодов выявлена сортоспецифичность, позволившая разделить сорта вишни по этому признаку на три группы. К первой группе (мелкоплодные сорта с массой плода менее 4,0 г) был отнесен сорт Джуси Фрут, масса плода которого в среднем составляет 2,72 г. Ко второй группе (среднеплодные сорта с массой плода в пределах 4,1...5,0 г) отнесен сорт Фейя с массой плода 4,05 г. К третьей группе (крупноплодные сорта с массой плода более 5 г) были отнесены сорта Тимати (5,14 г), Игрушка (6,19 г), Дюк Ивановна (6,38 г), Дюк Ходоса (6,45 г), Светлая (5,16 г) и Призвание (5,67 г), превышавшие показатели контрольного сорта (см. табл. 1).

Таким образом, из всех изученных сортов вишни 77,8 % отличаются крупными плодами, 11,1 % — средними и 11,1 % — мелкими.

Наряду с массой оценивался размер плода по диаметру и высоте. В процессе обработки полученных результатов определено, что высота плода у сортов вишни варьировала от 15,0 до 21,0 мм и определяла форму плода. Более вытянутыми плодами характеризовались сорта Игрушка, Тимати, Дюк Ходоса, Дюк Ивановна и Призвание. Диаметр плодов также варьировал в пределах 17,0...24,0 мм в зависимости от сорта. Большой диаметр (свыше 20 мм) отмечен у сортов вишни Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса и Призвание. Меньше диаметр у плодов сорта Светлая и Фея (см. табл. 1). По полученным нами данным размер плода имел слабую степень варьирования. Статистический анализ показал, что диаметр плода разных сортов варьировал в пределах 10,3 %, высота плода — в пределах 9,1 %.

Оценка товарных качеств (по высоте и диаметру) сортов вишни, различавшихся по биологическим особенностям согласно ГОСТу⁸, позволила отнести сорта Фея, Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Призвание и Светлая к высшему сорту.

Показатель соотношения массы косточки и массы плода важен для определения направленности использования сорта, прежде всего для разных видов переработки. Установлено, что доля косточки в общей массе плода вишни разных сортов невелика и составляет 0,20...0,45 г или 6,6 % (см. табл. 1). Выделены сорта вишни с небольшой массой косточки — Дюк Ивановна, Светлая, Джуси Фрут и Фея (см. табл. 1).

Ценность сорта определяется вкусовыми достоинствами плодов или гармоничностью, которые обуславливаются содержанием различных биохимических веществ.

Выявлено, что в условиях южной зоны садоводства содержание сахаров в плодах вишни разных сортов в среднем составляло 7,8 % и варьировало от 6,6 до 9,4 % в зависимости от условий года и особенности сорта. Относительно высоким (8,1...9,4 %) содержанием сахаров в плодах характеризовались сорта Фея (9,4 %), Джуси Фрут (8,9 %) и Игрушка (8,1 %). У сортов Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Тимати и Призвание содержание сахаров в плодах составляло 6,6...7,6 % (табл. 2).

Таблица 2

**Биохимическая оценка плодов вишни обыкновенной
различного эколого-географического происхождения
в условиях Прикубанской зоны садоводства, 2019–2021 гг.**

Сорт	Растворимые сухие вещества, %	Сумма сахаров, %	Кислотность, %	Витамины, мг/100 г		Антоцианы, мг/100 г
				С	Р	
Краснодарская сладкая (к)	15,9	7,6	1,40	11,2	96,9	177,5
Фея	19,7	9,4	1,26	14,7	107,9	70,4
Тимати	15,4	7,3	2,09	8,9	58,7	100,5
Игрушка	16,1	8,1	1,97	12,1	170,2	104,5

Окончание табл. 2

Сорт	Растворимые сухие вещества, %	Сумма сахаров, %	Кислотность, %	Витамины, мг/100 г		Антоцианы, мг/100 г
				С	Р	
Дюк Ивановна	14,9	7,2	2,03	8,2	112,4	160,4
Дюк Ходоса	15,1	7,3	1,56	12,6	125,0	124,9
Призвание	15,8	7,5	1,49	9,1	129,0	200,4
Светлая	14,5	6,6	1,15	6,6	136,2	54,5
Джуси Фрут	18,8	8,9	1,33	7,9	126,0	143,4
Среднее	16,2	7,8	1,59	10,1	118,0	126,3

Table 2

Biochemical assessment of cherry fruits of various ecological and geographical origin in conditions of Prikuban horticultural zone, 2019–2021

Cultivar	Soluble solids, %	Sugars, %	Acidity, %	Vitamins, mg/100 g		Anthocyanins, mg/100 g
				С	Р	
Krasnodarskaya sladkaya (control)	15.9	7.6	1.40	11.2	96.9	177.5
Feya	19.7	9.4	1.26	14.7	107.9	70.4
Timati	15.4	7.3	2.09	8.9	58.7	100.5
Igrushka	16.1	8.1	1.97	12.1	170.2	104.5
Duk Ivanovna	14.9	7.2	2.03	8.2	112.4	160.4
Duk Hodosa	15.1	7.3	1.56	12.6	125.0	124.9
Prizvaniye	15.8	7.5	1.49	9.1	129.0	200.4
Svetlaya	14.5	6.6	1.15	6.6	136.2	54.5
Dzhusi Frut	18.8	8.9	1.33	7.9	126.0	143.4
Mean	16.2	7.8	1.59	10.1	118.0	126.3

По содержанию кислот сорта также различались. В среднем кислотность в плодах вишни варьировала в пределах 1,15...2,09 %. Более высоким содержанием кислот характеризовались сорта Тимати (2,09 %), Дюк Ивановна (2,03 %) и Игрушка (1,97 %). Несколько ниже она была у сортов Светлая (1,15 %), Фея (1,26 %), Джуси Фрут (1,33 %), Призвание (1,49 %) и Дюк Ходоса (1,56 %) (см. табл. 2).

С содержанием сахаров тесно связано накопление растворимых сухих веществ, варьировавшее по сортам от 14,5 до 17,9 % и в определенной степени зависевшее от погодных условий в период созревания плодов. Так сорта вишни Фея, Джуси Фрут и Игрушка отличались ежегодно высоким содержанием сухих веществ, в пределах 16,1...19,7 %. Сорта Тимати, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Светлая и Призвание характеризовались показателями, которые были ниже — 14,5...15,8 % (см. табл. 2).

Важным биохимическим соединением, содержащимся в плодах вишни, являются витамин С и антоцианы, обладающие антиоксидантной активностью, повышающие пищевую ценность сорта.

По нашим данным, содержание витамина С было достаточно высоким у сортов Фея, Игрушка, Дюк Ходоса и варьировало в пределах 12,1...14,7 мг/100 г. Несколько ниже (6,6...9,1 мг/100 г) данный показатель был у сортов вишни Светлая, Джуси Фрут, Дюк Ивановна, Тимати и Призвание (см. табл. 2).

В ходе исследований установлено, что плоды вишни содержат достаточно большое количество витамина Р, среднее содержание которого составило 118,0 мг/100 г и варьировало по сортам от 58,7 до 170,2 мг/100 г. Низким содержанием витамина Р характеризовался сорт Тимати. Среднее содержание витамина Р было в плодах сортов Фея и Дюк Ивановна. Высоким содержанием витамина Р характеризовались сорта Дюк Ходоса, Джуси Фрут, Призвание, Светлая, Игрушка.

Выявлено, что в условиях южного региона в плодах вишни более высоким содержанием антоцианов характеризовались сорта Дюк Ходоса, Джуси Фрут, Дюк Ивановна и Призвание. Среднее содержание антоцианов отмечено в плодах сортов Тимати и Игрушка. Низким содержанием антоцианов отличались сорта Светлая и Фея (см. табл. 2).

Выводы

В результате проведенной комплексной оценки по признаку крупноплодности выделены сорта вишни: Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса, Призвание и Светлая. По показателям высота и диаметр плода, определяющим его размер выделены сорта Тимати, Дюк Ходоса, Дюк Ивановна и Призвание.

По комплексу биометрических показателей выделены сорта вишни: Тимати, Игрушка, Дюк Ивановна, Дюк Ходоса и Призвание, которые отличались крупными плодами и высокими товарными качествами.

Высоким содержанием сахаров характеризуются сорта: Фея, Джуси Фрут и Игрушка; низкой кислотностью — Фея, Дюк Ходоса, Призвание, Светлая и Джуси Фрут; растворимых сухих веществ — Фея, Джуси Фрут и Игрушка; содержанием витамина С — Фея, Игрушка и Дюк Ходоса; витамина Р — Игрушка, Дюк Ходоса, Призвание, Светлая и Джуси Фрут; антоцианов — Дюк Ходоса, Призвание, Джуси Фрут и Дюк Ивановна. Сорта вишни Фея, Игрушка, Дюк Ходоса и Джуси Фрут выделены как обладающие комплексом ценных биохимических показателей.

Сорта Игрушка и Дюк Ходоса рекомендуются для возделывания в условиях южного садоводства и дальнейшей селекционной работы на улучшение качества плодов.

Библиографический список

1. Юшев А.А., Орлова С.Ю. Вишни России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 58. С. 39—45. doi: 10.24411/2078-1318-2020-11039
2. Веньяминов А.Н. Вишня. М.: Сельхозгиз, М.: 1936, 120 с.
3. Доля Ю.А. Новые сорта вишни для создания продуктивных насаждений Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 21(3). С. 54—61.
4. Schuster M., Schreiber H. Genome investigation in sour cherry *P. cerasus* L. // Acta Horticulturae. 2000. Vol. 538. P. 375—379. doi: 10.17660/ActaHortic.2000.538.66

5. Tavaud M., Zanetto A., David J.L., Laigret F., Dirlewanger E. Genetic relationships between diploid and allotetraploid cherry species (*Prunus avium*, *Prunus* × *gondouinii* and *Prunus cerasus*) // *Heredity*. 2004. Vol. 93. P. 631—638. doi: 10.1038/sj.hdy.6800589
6. Schuster M., Grafe C., Hoberg E., Schütze W. Interspecific Hybridization in Sweet and Sour Cherry Breeding // *Acta Horticulturae*. 2013. Vol. 976. P. 79—86. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.976.7
7. Колесникова А.Ф. Селекция вишни обыкновенной в прошлом и настоящем. Орел: ОГУ, 2014. 352 с.
8. Морозова Н.Г., Симонов В.С. Перспективные сорта косточковых культур для центрального региона России // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6. № 2. С. 79—83.
9. Говорущенко С.А. Оптимизация сортимента вишни в условиях Краснодарского края: дис. ... канд. сельскохоз. наук. Краснодар, 2009. 185 с.
10. Siddiq M., Iezzoni A., Khan A., Breen P., Sebolt A.M., Dolan K.D., Ravi R. Characterization of New Tart Cherry (*Prunus cerasus* L.): Selections Based on Fruit Quality, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity // *International Journal of Food Properties*. 2011. Vol. 14:2. P. 471—480. doi: 10.1080/10942910903277697
11. Помология. Том III. Коточковые культуры / под ред. Е.Н. Седова. Орел. ВНИИСПК, 2008. 592 с.
12. Джигадло Е.Н., Левгерова Н.С. Химико-технологическая характеристика плодов современного сортимента вишни (обзор) // Вестник ВОГиС. 2009. Т. 13. № 4. С. 794—810.
13. Бькова Т.О., Макарова Н.В., Деменина Л.Г. Сравнительный анализ плодов вишни обыкновенной и вишни войлочной // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы XVI межд. науч. — практ. конф. ЦРНС. Новосибирск, 2016. С. 61—64.
14. Доля Ю.А., Заремук Р.Ш. Формирование потенциальной урожайности сортов вишни обыкновенной // Научные труды СКФНЦСВВ. 2019. Т. 23. С. 65—69. doi: 10.30679/2587-9847-2019-23-65-69
15. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г., Черников Е.А. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций // *Агрехимия*. 2015. № 2. С. 13—22.

References

1. Yushev AA, Orlova SY. Cherries of Russia. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2020;(58):39—45. (In Russ.). doi: 10.24411/2078-1318-2020-11039
2. Veniaminov AN. *Vishnya* [Cherry]. Moscow: Selkhozgiz publ.; 1936. (In Russ.).
3. Dolya YA. New cherries varieties for creation of productive plantations of the Krasnodar region. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2013;(21):54—61. (In Russ.).
4. Schuster M, Schreiber H. Genome investigation in sour cherry, *P. cerasus* L. *Acta Horticulturae*. 2000; 538:375—379. doi: 10.17660/ActaHortic.2000.538.66
5. Tavaud M, Zanetto A, David JL, Laigret F, Dirlewanger E. Genetic relationships between diploid and allotetraploid cherry species (*Prunus avium*, *Prunus* × *gondouinii* and *Prunus cerasus*). *Heredity*. 2004;93(6):631—638. doi: 10.1038/sj.hdy.6800589
6. Schuster M, Grafe C, Hoberg E, Schütze W. Interspecific Hybridization in Sweet and Sour Cherry Breeding. *Acta Horticulturae*. 2013;976:79—86. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.976.7
7. Kolesnikova AF. *Seleksiya vishni obyknovennoi v proshlom i nastoyashchem* [Selection of common cherry in the past and present]. Orel: OGU publ.; 2014. (In Russ.).
8. Morozova NG, Simonov VS. New varieties stone fruits derived in FGBNU VSTISP. *Selection and variety breeding of garden crops*. 2019;6(2):79—83. (In Russ.).
9. Govorushchenko SA. *Optimizatsiya sortimenta vishni v usloviyakh Krasnodarskogo kraya* [Optimization of cherry assortment in the conditions of the Krasnodar region]. Krasnodar; 2009. (In Russ.).
10. Siddiq M, Iezzoni A, Khan A, Breen P, Sebolt AM, Dolan KD, Ravi R. Characterization of New Tart Cherry (*Prunus cerasus* L.): Selections Based on Fruit Quality, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. *International Journal of Food Properties*. 2011;14(2):471—480. doi: 10.1080/10942910903277697
11. Sedov EN. (ed.) *Pomologiya. Tom III. Kotochkovye kul'tury* [Pomology. Volume III. Kotochkovye cultures]. Orel: VNIISPК publ.; 2008. (In Russ.).
12. Levgerova NS, Gigadlo EN. Chemical and technological properties of fruit of modern cherry assortment (A review). *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2009;13(4):794—810. (In Russ.).
13. Bykova TO, Makarova NV, Demenina LG. Comparative analysis of fruits of sour cherry and downy cherry. *Sel'skokhozyaistvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov*. 2016;(16):61—64. (In Russ.).

14. Dolya YA, Zaremuk RS. Formation of the potential yield capacity of cherry ordinary varieties. *Scientific publications of NCRRIH&V*. 2019;23:65—69. (In Russ.). doi: 10.30679/2587-9847-2019-23-65-69
15. Fomenko TG, Popova VP, Pestova NG, Chernikov EA. Spatial heterogeneity of soils in garden cenoses at the local application of fertilizers and water reclamation. *Agrohimia*. 2015;(2):13—22. (In Russ.).

Об авторах:

Заремук Римма Шамсудиновна — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и сортоизучения косточковых культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, д. 39; e-mail: zaremuk_rimma@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0298-0914

Копнина Татьяна Андреевна — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и сортоизучения косточковых культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, д. 39; e-mail: tatjanakoptina@rambler.ru
ORCID: 0000-0003-3456-1597

About authors:

Zaremuk Rimma Shamsudinovna — Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientific Associate, Head of the Laboratory of Selection and Variety Study of Stone Fruit Crops, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, 39, 40th anniversary of Victory st., Krasnodar, 350901, Russian Federation; e-mail: zaremuk_rimma@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0298-0914

Koptina Tatiana Andreevna — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Laboratory of Selection and Varietal Study of Stone Fruit Crops North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, 39, 40th anniversary of Victory st., Krasnodar, 350901, Russian Federation; e-mail: tatjanakoptina@rambler.ru
ORCID: 0000-0003-3456-1597

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-448-454
УДК 582.814.675.1

Научная статья / Research article

Опыт интродукции *Schizandra chinensis* на Южном Урале

Р.А. Биалова 

Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, Российская Федерация
✉ nroza@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты многолетнего интродукционного изучения лимонника китайского *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. Целью исследований стала оценка интродукционной устойчивости лимонника китайского коллекции лиан Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН. Фенологическое изучение проводили в течение 8 лет (2014—2021 гг.) по 7 фенофазам. Перспективность интродукции определяли по шкале П.И. Лапина и С.В. Сидневой, интродукционную устойчивость оценивали по методике Н.В. Трулевич. Оценивались полнота прохождения цикла развития побегов, стабильность ритмических процессов, жизненное состояние, сохранение жизненной формы и темпов онтогенеза, возобновление. Выявлено, что лимонник успешно прошел интродукционные испытания. Данный вид в условиях культуры стабильно и в полном объеме проходит все фазы сезонного развития, приспособлен к местным климатическим погодным условиям и имеет высокую зимостойкость, высокодекоративен в течение всего вегетационного сезона (более 5 месяцев). В соответствии с интегральной оценкой таксон отнесен в первую группу перспективности интродукции, лимонник китайский является устойчивым растением. Культура перспективна для использования в рекреационных зонах г. Уфы, других населенных пунктов Южного Урала.

Ключевые слова: *Schizandra chinensis*, Turcz., Baill., вид растений, сезонный ритм развития, интродукционная устойчивость

Заявление о конфликте интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН FMRS-2022-0072 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России».

История статьи: поступила в редакцию 1 апреля 2022 г., принята к публикации 7 ноября 2022 г.

© Биалова Р.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Билалова Р.А. Опыт интродукции *Schizandra chinensis* на Южном Урале // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 448—454. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-448-454

Introducing *Schizandra chinensis* into the Southern Urals

Roza A. Bilalova 

South-Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation
✉ nroza@mail.ru

Abstract. Long-term introduction of *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. was studied. The aim of the research was to assess the introduction resistance of *Schisandra chinensis* from the collection of lianas of South-Ural Botanical Garden-Institute, Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. The 7 phenological growth stages were studied in 2014—2021. The prospects for introduction were determined according to P.I. Lapin and S.V. Sidneva, introduction resistance was assessed by the method of N.V. Trulevich. The following parameters were assessed: completeness of shoot development cycle, stability of rhythmic processes, vital state, life form, rate of ontogenesis, and renewal. According to the results of the research, lemongrass plants successfully passed the introduction tests. The species stably goes through all phases of seasonal development under cultivation, it is adapted to local climatic conditions and has high winter hardiness. Moreover, *Schizandra chinensis* is highly decorative throughout the growing season (more than 5 months). In accordance with the integral assessment, the taxon is assigned to the first group of prospects for introduction; *Schisandra chinensis* is a resistant plant. The crop is promising for use in recreational areas of Ufa and other settlements of the Southern Urals.

Keywords: *Schizandra chinensis*, Turcz., Baill., species, seasonal rhythm of development, introduction stability

Conflicts of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Funding. The work was performed within the framework of the State assignment of South-Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, «Biodiversity of Natural Systems and Biological Resources of Russia», (no. FMRS-2022—0072).

Article history: Received: 1 April 2022. Accepted: 7 November 2022.

For citation: Bilalova RA. Introducing *Schizandra chinensis* into the Southern Urals. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(4):448—454. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-448-454

Введение

Значимость интродукции новых перспективных культур не вызывает сомнений. Особое внимание привлекают таксоны, сочетающие в себе как декоративные качества, так и лекарственные свойства. Лимонник китайский широко известен

в качестве адаптогенного, общетонизирующего и психостимулирующего средства. На Южном Урале данная культура используется весьма ограниченно, так как знаний об ее биологических особенностях в условиях интродукции крайне мало, только единичные упоминания [1]. Однако высокая декоративность, а также признанные лекарственные свойства лимонника повышают его привлекательность для интродукции в регионе.

Лимонник китайский (*Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill.), далее — лимонник, — кустарниковая лиана длиной до 10...15 м. Предпочитает хвойно-лиственные, лиственные леса, где растет обычно в прогалинах, в узких долинах горных рек и ручьев, образуя заросли. Произрастает в Китае, Японии и Корее. Встречается в Приморском и Хабаровском краях, Амурской области, на Сахалине, Курилах. Это единственный представитель семейства лимонниковых, произрастающий на территории России [2, 3].

Мякоть ягод лимонника содержит органические кислоты — лимонную и яблочную, витамин С, сахара, пектин и пр. Во всех органах растения содержится эфирное масло. Применяется в качестве тонизирующего, стимулирующего, укрепляющего при физическом утомлении средства [4—7]. Вышеприведенные сведения позволяют говорить о перспективности этого вида не только в качестве декоративной, но и ценной лекарственной культуры и рекомендовать к более широкому распространению в других регионах нашей страны. Оценить успешность интродукции позволяет тщательное многолетнее исследование биологии вида в конкретном пункте интродукции [8].

Цель исследования — оценка интродукционной устойчивости *Schizandra chinensis* (Turcz.) Baill. в условиях ботанического сада для дальнейшей рекомендации к выращиванию в регионах Южного Урала.

Материалы и методы исследований

Климат Южного Урала континентальный, характеризуется холодной зимой и теплым летом, большой амплитудой колебаний температуры в течение года, ранними осенними и поздними весенними заморозками. В Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН лимонник произрастает на участке лиан. Почва участка темно-серая лесная, глинистая на делювиальных безкарбонатных глинах [9, 10].

Посадочный материал лимонника был получен нами в виде 3 экземпляров 3- и 4-летних саженцев из Дендрологического сада им. Н.М. Минниханова Учебно-опытного Сабинского лесхоза в 2013 г.

Исследование сезонного ритма развития лимонника проводилось в течение 8 лет (2014—2021 гг.) по общепринятой методике [11]. Зимостойкость определялась соответственно семибалльной шкале, предложенной ГБС РАН, согласно которой I балл получает растение, которое не обмерзает, VII баллов — вымирающее целиком [12].

Оценку перспективности интродукции проводили по шкале, предложенной П.И. Лапиным и С.В. Сидневой для древесных растений [13]. Шкала соответственно количеству баллов разделяет исследуемые таксоны на 6 групп: непригодные; неперспективные; малоперспективные; менее перспективные; перспективные; наиболее перспективные.

Интродукционную устойчивость определяли по методике, предложенной Н.В. Трулевич [14]. Методика оценивает 6 параметров, на основании которых растения относят к одной из 4 групп (неустойчивые, слабоустойчивые, устойчивые, высокоустойчивые). Стандартная статистическая обработка данных проведена с применением пакета программ MS Excel 2010 с использованием стандартных показателей [15].

Результаты исследований и обсуждение

Экземпляры лимонника поднимаются по опоре на высоту 1,8; 2,3 и 2,7 м. Диаметр побегов первого порядка у корневой шейки 6—7 мм. Диаметр однолетних побегов составляет 1—2 мм. За вегетационный сезон годичные приросты побегов отрастают от 62 см до 94 см. Длина листа—96...180 мм, ширина—48...56 мм. Цветисты экземпляры нашей коллекции начали с 2017 г. Цветут и плодоносят ежегодно. Плоды собраны в многолистовку по 4—9 ягод. Ягода имеет размеры 8 мм в длину и 7 мм в ширину.

Данные фенологических наблюдений за 8 лет по 7 фазам приведены в таблице.

Сезонный ритм развития *Schizandra chinensis*

Фазы вегетации	Годы наблюдений								Среднее значение
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Рп.	16,04	20,04	24,04	21,04	20,04	22,04	24,04	27,04	22,04±1,7
Нрп	20,04	23,04	27,04	24,04	22,04	24,04	26,04	28,04	24,04±0,9
Ц1	25,05	28,05	28,05	18,05	22,05	20,05	23,05	17,05	23,05±1,5
Ц2	1,06	5,06	6,06	29,05	31,05	27,05	31,05	28,05	31,05±1,3
П	—	—	—	02,09	04,09	30,08	08,09	30,08	2,09±1,7
О	7,09	4,09	12,09	1,09	8,09	10,09	14,09	08,09	8,09±1,5
Л	23,09	17,09	25,09	14,09	24,09	28,09	26,09	18,09	25,09±2,9

Примечание. Рп — раскрытие почек; Нрп — начало роста побегов; Ц1 — начало цветения; Ц2 — окончание цветения; П — начало созревания плодов; О — осенняя окраска листьев; Л — начало листопада.

Seasonal development of *Schizandra chinensis*

Growth stages	Years								Mean
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Bb	16.04	20.04	24.04	21.04	20.04	22.04	24.04	27.04	22.04±1.7
Bsg	20.04	23.04	27.04	24.04	22.04	24.04	26.04	28.04	24.04±0.9
F1	25.05	28.05	28.05	18.05	22.05	20.05	23.05	17.05	23.05±1.5
F2	1.06	5.06	6.06	29.05	31.05	27.05	31.05	28.05	31.05±1.3
R	–	–	–	02.09	04.09	30.08	08.09	30.08	2.09±1.7
C	7.09	4.09	12.09	1.09	8.09	10.09	14.09	08.09	8.09±1.5
L	23.09	17.09	25.09	14.09	24.09	28.09	26.09	18.09	25.09±2.9

Note. Bb – bud bursting; Bsg – beginning of shoots growth; F1 – beginning of flowering; F2 – end of flowering; R – beginning of fruit ripening; C – autumn coloring of leaves; L – beginning of leaf fall.

Начало вегетации у лимонника приходится на третью декаду апреля. Отрастание побегов, как правило, начинается через 3–4 дня после раскрытия почек. Зацветать лимонник начинает в III декаде мая и зацветает в I декаде июня. Фаза цветения длится от 6 до 11 дней. Цветки душистые, белого цвета, 1,8–1,9 см в диаметре. Рост побегов заканчивается в I декаде августа. Созревание плодов начинается в конце августа – начале сентября. Одревеснение побегов заканчивается в I декаде сентября. При существенном понижении ночных температур уже в III декаде августа – I декаде сентября у лимонника начинается осеннее окрашивание листьев. Листопад наступает с приходом ночных заморозков в III декаде сентября. Длительность вегетации составляла в разные годы от 147 до 160 дней, в среднем, 154 дня. Зимуют все экземпляры без укрытия на опорах. Зимостойкость I балл.

Наши наблюдения за биологической устойчивостью лимонника выявили, что таксон ежегодно стабильно и полноценно проходит все фазы развития за вегетационный сезон. Побеги ежегодно одревесневают на 90...100 %.

Растение не обмерзает в зимний период (балл I), сохраняет природную жизненную форму, имеет высокую побегообразовательную способность. Начиная с 2017 г. плодоносит ежегодно. Лимонник в условиях Уфимского ботанического сада не дает самосев, самостоятельно не возобновляется, но дает всхожие семена и укореняется черенками. При посеве в 2019 г. всхожесть составила 86 %, при посеве в 2020 г. – 74 %. При черенковании в 2019–2021 гг. укореняемость черенков составляет от 45 до 80 % в разные годы. Темп онтогенеза обычный. Лиана отличается хорошим жизненным состоянием и декоративна в течение всего вегетативного сезона. По шкале перспективности лимонник входит в группу устойчивых растений. Суммарная оценка по методике интродукционной устойчивости Н.В. Трулевич позволила нам отнести *Schizandra chinensis* к устойчивым растениям.

Заключение

Интродукционные исследования показали, что лимонник китайский имеет высокую устойчивость в культуре, декоративен в течение вегетационного сезона и может быть рекомендован в качестве декоративного растения для широкого культивирования в регионах Южного Урала.

Библиографический список

1. Казарова С.Ю. Сезонный ритм развития древесных лиан при интродукции в дендрарии ботанического сада МГУ // Материалы II Международной научной конференции Летопись природы: фенология, отклики биоты на изменение климата. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2020. С. 104—107.
2. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1984. С. 95—97. 272 с.
3. Нечаев А.А. Ресурсы лимонника китайского на Дальнем Востоке России // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2016. Т. XIX. № XIX (1). С. 69—72.
4. Лапаев И.И. Лимонник и его лечебные свойства. 3-е изд., испр. и доп. Хабаровск: Кн. изд., 1978. 48 с.
5. Ошкина Е.В., Колесникова Р.Д., Выводцев Н.В., Тагильцев Ю.Г. Лимонник китайский — Дальневосточный эфирнонос // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 5 (341). С. 35—41.
6. Козак Н.В., Колбасина Э.И. Интродукция и особенности технологии поддержания коллекции редких плодовых лиан — актинидии и лимонника китайского в Московской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 34. № 1. С. 341—347.
7. Орлин Н.А. О биологически активных веществах лимонника китайского // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2009. № 4. С. 115.
8. Павлов Д.В., Титов А.Ю. Создание плантации лимонника китайского в Дальневосточном регионе // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2018. Т. 21. С. 170—173.
9. Билалова Р.А. *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim. — перспективная культура для Южного Урала // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3 (153). С. 52—56. doi: 10.36718/1819-4036-2021-3-52-56
10. Яттаров Ф.Ш., Хайбуллин Р.И., Мукатанов А.Х. Рациональное использование почвенных ландшафтов ботанических садов // Ботанические исследования на Урале. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 128.
11. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 28 с.
12. Лапин П.И., Александрова М.С., Бородина Н.А., Макаров С.Н., Петрова И.П. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР / отв. ред. Н.В. Цицин. М.: Наука, 1975. 547 с.
13. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Наука, 1973. С. 7—67.
14. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. С. 60—62.
15. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. С. 12—40.

References

1. Kazarova SY. Seasonal rhythm of development of woody vines during introduction in the arboretum of the Botanical Garden of Lomonosov Moscow State University. In: *Annals of Nature: phenology, responses of biota to climate change: conference proceedings*. Moscow; 2020. p.104—107. (In Russ.).
2. Usenko NV. *Derev'ya, kustarniki i liany Dal'nego Vostoka* [Trees, shrubs and lianas of the Far East]. Khabarovsk; 1984. (In Russ.).
3. Nechaev AA. Resources of *Schisandra chinensis* in the Far East of Russia. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduksiya drevesnykh rastenii*. 2016;XIX(1):69—72. (In Russ.).
4. Lapaev II. *Limonnik i ego lechebnye svoistva* [Lemongrass and its medicinal properties]. 3rd ed. Khabarovsk; 1978. (In Russ.).

5. Oshkina EV, Kolesnikova RD, Vyvotsev NV, Tagiltsev YG. Chinese magnolia vine—the far eastern volatile-oil-bearing plant. *Russian forestry journal*. 2014;(5):35—41. (In Russ.).
6. Kozak NV, Kolbasina EI. Introduction and features of the technology of maintaining a collection of rare fruit vines—actinidia and magnolia vine in the Moscow region. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2012;34(1):341—347. (In Russ.).
7. Orlin NA. On the biologically active substances of *Schisandra chinensis*. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2009; (4):115. (In Russ.).
8. Pavlov DV, Titov AY. Creation of a plantation of *Schisandra chinensis* in the Far East region. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevnykh rastenii*. 2018;21:170—173. (In Russ.).
9. Bilalova RA. *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim.—promising culture for the Southern Urals. *Bulletin of SAU*. 2021;(3):52—56. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2021-3-52-56
10. Yapparov FS, Khaibullin RI, Mukatanov AH. Rational use of soil landscapes in botanical gardens. In: *Botanicheskie issledovaniya na Urale* [Botanical research in the Urals]. Sverdlovsk: UrO AN SSSR; 1990. (In Russ.).
11. *Metodika fenologicheskikh nablyudenii v botanicheskikh sadakh SSSR* [Methods of phenological observations in the botanical gardens of the USSR]. Moscow; 1975. (In Russ.).
12. Lapin PI, Aleksandrova MS, Borodina NA, Makarov SN, Petrova IP, Tsitsin NV. *Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR* [Woody Plants of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences]. Moscow: Nauka publ.; 1975. (In Russ.).
13. Lapin PI, Sidneva SV. Evaluation of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations. In: *Opyt introduktsii drevnykh rastenii* [Experience of introduction of woody plants]. Moscow: Nauka publ.; 1973. p. 7—67. (In Russ.).
14. Trulevich NV. *Ekologo-fitotsenoticheskie osnovy introduktsii rastenii* [Ecological and phytocenotic bases of plant introduction]. Moscow: Nauka publ.; 1991. (In Russ.).
15. Zaitsev GN. *Matematika v eksperimental'noi botanike* [Mathematics in experimental botany]. Moscow: Nauka publ.; 1990. (In Russ.).

Об авторе:

Билалова Роза Альтафовна — кандидат биологических наук, научный сотрудник, Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Российская Федерация, 450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195, к. 3; e-mail: nroza@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0449-6205

About author:

Bilalova Roza Altafovna — Candidate of Biological Sciences, Researcher, South-Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 195/3 Mendeleeva st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450080, Russian Federation; e-mail: nroza@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0449-6205



DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-455-465

УДК 633.16:631.86

Научная статья / Research article

Эффективность использования микробиологических препаратов при возделывании ячменя ярового в условиях севера Астраханской области

Н.А. Наумова 

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
с. Солёное Займище, Астраханская область, Российская Федерация
✉ Naumovana84@mail.ru

Аннотация. По результатам проведенных испытаний в условиях светло-каштановых почв севера Астраханской области, Черноярского района, с. Солёное Займище, определена эффективность использования микробиологических препаратов при возделывании ярового ячменя. Применение данного агротехнологического приема в среднем за 2018—2020 гг. способствовало повышению продуктивности яровой зерновой культуры практически в два раза (3,5 т/га), по сравнению с контролем (без обработки семян — 1,4 т/га). Также отмечено воздействие предпосевной инокуляции семян на повышение полевой всхожести и количества растений к уборке на 75 и 26,8 % (Мизорин), 79 и 40,9 % (БисолбиФит), 78 и 37,6 % (Ризоагрин) по отношению к контролю соответственно. Применение данных микробиологических препаратов при возделывании ярового ячменя можно рекомендовать как мелким, так и крупным крестьянско-фермерским хозяйствам, что поможет перевести земледелие региона на высокий уровень производства данного вида продукции.

Ключевые слова: яровой ячмень, продуктивность зерна, микробиологические препараты, климатические условия, Астраханская область

Заявление о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 10 февраля 2022 г., принята к публикации 17 мая 2022 г.

Для цитирования: Наумова Н.А. Эффективность использования микробиологических препаратов при возделывании ячменя ярового в условиях севера Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 455—465. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-455-465

© Наумова Н.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Effect of microbiological agents on spring barley cultivated in the north of the Astrakhan region

Nina A. Naumova 

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Russian Federation

✉ Naumovana84@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to determine effectiveness of the use of microbiological agents in spring barley cultivation. The experiments were conducted in the conditions of light chestnut soils in the north of the Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaymishche village in 2018—2020. The use of this cultural method contributed to two-fold increase in the productivity of spring barley (3.5 t/ha), compared with the control (without any seed treatment—1.4 t/ha). The pre-sowing inoculation of seeds increased field germination and number of mature plants: by 75 and 26.8 % for Mizorin, 79 and 40.9 % for BisolbiFit, 78 and 37.6 % for Rizoagrin, respectively, in comparison with the control. Application of these microbiological agents in spring barley cultivation can be recommended to both small and large farms, which will help to rise the agriculture of the region to a high level of production of spring barley.

Keywords: spring barley, productivity of grain, microbiological agents, climatic conditions, Astrakhan region

Conflicts of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Article history: Received: 10 February 2022. Accepted: 17 May 2022.

For citation: Naumova NA. Effect of microbiological agents on spring barley cultivated in the north of the Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):455—465. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-455-465

Введение

Производство фуражного и продовольственного зерна, а именно увеличение его валового сбора, является на сегодня одним из важнейших направлений развития современного сельского хозяйства Российской Федерации. Яровой ячмень — это самая востребованная и распространенная колосовая культура в зерновом производстве засушливых зон нашей страны. К таким зонам с экстремальными метеорологическими условиями относится и полупустынный регион Северо-Западного Прикаспия — северная часть Астраханской области, а точнее Черноярского района, с. Солёное Займище. Среди посевов ранних зерновых культур площадь посевов ярового ячменя в этом регионе ежегодно составляет до 118,2 тыс. га, однако показатель урожайности не превышает 1,2...1,8 т/га [1].

Низкие показатели урожайности ярового ячменя в последние годы зачастую обусловлены не только засушливостью климата и низким плодородием зональных почв,

но и отсутствием новых адаптивных технологий возделывания этой ценной кормовой и продовольственной культуры [2]. Способность ярового ячменя формировать стабильный урожай зерна в экстремальных условиях зоны недостаточного увлажнения является решающим фактором для увеличения посевных площадей этой культуры с целью повышения и укрепления кормовой базы животноводства этих районов [3, 4].

В последние годы ряд научно-исследовательских институтов и компаний разрабатывает и производит новые микробиологические препараты, которые, будучи экономически выгодными и экологически чистыми для окружающей среды, способны не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и обеспечивать производство продукции более высокого качества, обеспечивая при этом воспроизводство плодородия почв [5, 6]. Поэтому широкое применение данного вида препаратов становится все более актуальным.

Научные исследования по заявленной разработке ведутся с 2018 г. Внедрение ресурсосберегающего способа возделывания, направленного на повышение продуктивности ярового ячменя за счет применения микробиологических препаратов в условиях севера Астраханской области, может принести весьма существенную прибавку валовых сборов зерна [7].

Цель исследования — разработка ресурсосберегающего способа возделывания ярового ячменя с применением микробиологических препаратов в условиях севера Астраханской области, направленного на повышение продуктивности зерна.

Задачи исследований:

- определение полноты всходов и сохранности растений к уборке в зависимости от изучаемых микробиологических препаратов;
- изучение зависимости изменения биологической активности почвы от вида применяемого микробиологического препарата на посевах ярового ячменя;
- определение влияния различных видов микробиологических препаратов на показатели элементов структуры урожайности ярового ячменя.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились в 2018—2020 гг. на богарном участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», предшественник — чистый пар. Объекты исследований: яровой ячмень Донецкий 8; микробиологические препараты: регуляторы роста на основе штаммов Мизорин, БисолбиФит, Ризоагрин (производитель: ГНУ ВНИ-ИСХМ Россельхоз Академии, г. Санкт-Петербург).

Схема закладки полевого опыта:

Виды микробиологических препаратов: вариант 1 — контроль (без обработки семян); вариант 2 — обработка семян микробиологическим препаратом Мизорин; вариант 3 — обработка семян микробиологическим препаратом БисолбиФит; вариант 4 — обработка семян микробиологическим препаратом Ризоагрин¹. Норма высева ярового ячменя — 350 шт./м². Повторность опыта — трехкратная. Общая

¹Полевой опыт и статистическую обработку данных проводили по методическим указаниям Б.А. Дослехова.

площадь под опытом — 12 га. Площадь делянки под обработку — 1 га. Агротехника в опыте — типичная для данной зоны исследований.

Непосредственно перед посевом проводилась инокуляция семян ярового ячменя микробиологическими препаратами. Норма расхода препарата 500 г/га.

Результаты исследования и обсуждение

Условия формирования и пути повышения урожайности ярового ячменя в условиях полупустынной зоны Северо-Западного Прикаспия нельзя рассматривать в отрыве от ее природно-климатических особенностей и погодных условий конкретных лет. На основе анализа метеорологических данных исследуемых лет рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения территории (ГТК) по Селянинову. За 2018 г. ГТК составил 0,3, что характеризует год как острозасушливый, 2019 г. — 0,5, или средне засушливый, 2020 г. — 0,4, или сухой (табл. 1).

В среднем за 3 года ГТК составил 0,4, т.е. исследуемые года характеризовались низкой и недостаточной степенью увлажнения и относились к категории сухих лет.

Во все годы исследований посев ярового ячменя осуществлялся в третьей декаде марта, когда среднесуточная температура воздуха приближалась к 9 °С, а почва прогревалась (на глубине 5 и 10 см) до +6,2 и +5,0 °С соответственно. Согласно литературным данным, для обеспечения 75 % полевой всхожести ярового ячменя в данной зоне исследований, в слое почвы 0...0,10 м необходимо иметь 85...90 мм влаги, а в пахотном слое — 50...60 мм [1]. В нашем случае доступный запас влаги в пахотном слое на момент сева составлял всего: в 2018 г. — 30,7 мм, в 2019 г. — 29,3 мм, в 2020 г. — 28,6 мм, что недостаточно для полноценных всходов и развития растений. Положительное влияние на полноту всходов в опыте (относительно контрольного варианта) было отмечено на предпосевной обработке семян микробиологическими препаратами: при обработке Мизорином полевая всхожесть повысилась на 6,9 %, Ризоагрином — 11,4 %, БисолбиФитом — 12,6 %.

Сохранность растений перед уборкой урожая является основным показателем, который во многом определяет биологическую и экономическую урожайность зерна. В опыте обработка зерна микробиологическими препаратами Мизорином, Ризоагрином и БисолбиФитом обеспечила лучшую сохранность растений к уборке по отношению к контролю на 26,8, 37,6 и 40,9 % соответственно (табл. 1).

Обобщая полученные данные, можно отметить, что все микробиологические препараты оказали положительное влияние на получение полноценных всходов и высокую сохранность растений к уборке, но показатели с применением препарата БисолбиФит оказались выше.

Изучая характерность воздействия микробиологических препаратов на общую и биологическую активность почвы в основные периоды развития растений ярового ячменя, определили, что микроорганизмы (входящие в состав изучаемых препаратов) принимают активное участие в разложении органических остатков [8, 9].

Исследование на биологическую активность почвы проводили методом разложения льняного полотна, зарываемого на глубину пахотного слоя (0—20 см),

по 3 полотно на каждый вариант. Во время прохождения основных фаз роста и развития растений (кущение, выход в трубку и полная спелость) проводилось последовательное извлечение и взвешивание полотен².

Анализ данных показал, что самый высокий показатель активности почвы отмечен в слое 0—10 см на посевах с обработкой семян биологическим препаратом БисолбиФит (47 %) при прохождении фазы выхода в трубку. Для слоя почвы 0—10 см характерна более высокая степень аэрации, чем в более глубоких слоях пахотного горизонта. Так как целлюлозоразлагающие бактерии являются аэробами, поэтому в этом слое происходит наиболее интенсивное накопление основной массы органического вещества [10].

Таблица 1

Полевая всхожесть и сохранность растений ячменя ярового в зависимости от использованных микробиологических препаратов, среднее за 2018–2020 гг.

Микробиологические препараты	Показатели					
	Норма высева, млн шт./га	Получено всходов		Полевая всхожесть %	Количество растений к уборке	
		млн шт./га	Превышение над контролем, %		млн шт./га	Превышение над контролем, %
Контроль – без обработки	3,5	2,45	–	70	1,49	–
Мизорин	3,5	2,62	6,9	75	1,89	26,8
БисолбиФит	3,5	2,76	12,6	79	2,10	40,9
Ризоагрин	3,5	2,73	11,4	78	2,05	37,6
НСР ₀₅	–	0,13	0,52	3,78	0,09	1,76

Table 1

Field germination and survival of spring barley plants depending on the microbiological agent, 2018–2020

Microbiological agent	Indicators					
	Seeding rate, million seeds per ha	Seedlings		Field germination, %	Number of mature plants	
		million plants per ha	Excess over the control, %		million plants per ha	Excess over the control, %
Control (without treatment)	3.5	2.45	–	70	1.49	–
Mizorin	3.5	2.62	6.9	75	1.89	26.8
BisolbiFit	3.5	2.76	12.6	79	2.10	40.9
Rizoagrin	3.5	2.73	11.4	78	2.05	37.6
LSD ₀₅	–	0.13	0.52	3.78	0.09	1.76

² Биологическую активность почвы определяли по методу Е.Н. Мишустина и А.Н. Петровой.

В слое 0—10 см (на варианте с Ризоагрином) биологическая активность почвы составила 36 %, что на 6...8 % больше, чем в слое 10—20 см. При инокуляции Мизорином в слое 0—10 см биологическая активность почвы составила 25 %, что на 2...6 % больше, чем в слое 10—20 см, тем не менее с Мизорином биологическая активность увеличилась к полной спелости ярового ячменя и составила в слое 0—20 см 27 %, что на 14 % выше контрольного варианта (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая активность почвы в зависимости от вида микробиологических препаратов, среднее 2018–2020 гг.

Микробиологические препараты	Горизонт, см	Биологическая активность почвы, %				Прибавка к контролю, %
		Кущение	Выход в трубку	Полная спелость	Среднее за вегет.	
Контроль – без обработки	0–10	14	16	14	16	–
	10–20	10	14	12	12	–
Мизорин	0–10	19	25	29	24	50
	10–20	12	19	24	18	50
БисолбиФит	0–10	36	47	42	42	163
	10–20	20	28	26	28	133
Ризоагрин	0–10	29	36	33	33	106
	10–20	22	27	21	23	92
НСР ₀₅	–	1,01	2,65	2,51	2,45	7,21

Table 2

Biological activity of soil depending on microbiological agent, 2018–2020

Microbiological agent	Soil horizon, cm	Biological activity of soil, %				Excess over the control, %
		Tillering	Booting	Maturity	Average	
Control (without treatment)	0–10	14	16	14	16	–
	10–20	10	14	12	12	–
Mizorin	0–10	19	25	29	24	50
	10–20	12	19	24	18	50
BisolbiFit	0–10	36	47	42	42	163
	10–20	20	28	26	28	133
Rizoagrin	0–10	29	36	33	33	106
	10–20	22	27	21	23	92
LSD ₀₅	–	1.01	2.65	2.51	2.45	7.21

Это значит, что применяемые микробиологические препараты Мизорин, БисолбиФит и Ризоагрин способны увеличивать биологическую активность почвы, так как, будучи постоянной составляющей ее биоценозов, бактерии, входящие

в состав данных препаратов, активно участвуют во взаимоотношениях с растениями ячменя и при изменении условий среды были способны к быстрому размножению, тем самым создавая почвенное плодородие (количество и виды бактерий в опыте не изучались). Но по приведенным в табл. 2 данным видно, что активность микроорганизмов возрастала в фазе трубкования и незначительно снижалась в фазу полной спелости. Тем самым сохранялась активность бактерий (в слое почвы 0—10 см) от 163 % БисолбиФит до 50 % Мизорин и (в слое почвы 10—20 см) от 133 до 50 % по отношению к контролю соответственно [3, 11, 12].

При разработке и внедрении в производство ресурсосберегающего способа возделывания ярового ячменя в условиях севера Астраханской области важно установить не только значение полученного урожая, но и определить, за счет каких основных элементов урожай создается³. Количество растений на единицу площади и показатели продуктивности каждого растения — одни из важнейших показателей, влияющих на урожайность любой зерновой культуры [13, 14]. Приведены элементы продуктивности ярового ячменя Донецкий 8 в зависимости от применяемого микробиологического препарата (табл. 3).

Таблица 3

Элементы структуры урожайности ячменя ярового в зависимости от микробиологических препаратов, в среднем за 2018–2020 гг.

№	Микробиологическое удобрение	Количество растений к уборке, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей к уборке, шт./м ²	Колос		Масса 1000 зерен, г
				Количество зерен, шт.	Масса зерна, г	
1	Контроль – без обработки	149	296	14	0,49	34,16
2	Мизорин	189	472	15	0,53	36,33
3	БисолбиФит	210	619	16	0,57	38,47
4	Ризоагрин	205	524	15	0,55	37,26
НСР ₀₅		9,41	23,89	0,75	0,03	1,83

Table 3

Spring barley productivity depending on microbiological agents, 2018–2020

№	Microbiological agent	Mature plants per m ²	Mature productive stems per m ²	Spike		1000 grains weight, g
				Number of grains	Grain weight, g	
1	Control (without treatment)	149	296	14	0.49	34.16
2	Mizorin	189	472	15	0.53	36.33
3	BisolbiFit	210	619	16	0.57	38.47
4	Rizoagrin	205	524	15	0.55	37.26
LSD ₀₅		9.41	23.89	0.75	0.03	1.83

³ Уборку и учет урожая проводили по методике Госсортсети.

В наших исследованиях определено, что соотношение основных элементов структуры и величины урожая зависело как от воздействия погодных условий в момент прохождения основных фенологических фаз, так и от применения микробиологических препаратов.

Наибольшее число продуктивных стеблей у ярового ячменя Донецкий 8 было на обработке БисолбиФитом 618 шт./м², что на 332 шт./м² больше контроля (без обработки).

Еще один важнейший признак продуктивности зерновой культуры, которому уделяют особое внимание — масса зерна с 1 колоса. В опыте данный показатель варьировал от 0,49 г (контроль) до 0,57 г (БисолбиФит) (см. табл. 3).

Урожайность — это основной критерий при выращивании любой культуры [3]. По результатам исследований видно, что все изучаемые микробиологические препараты оказали значимое влияние на урожайность ячменя ярового, где наблюдается большая прибавка урожая к контролю, при обработке БисолбиФитом она составила +2,07 т/га, наименьшую прибавку наблюдали на варианте с Мизорином +1,05 т/га. Дисперсионный анализ урожайных данных показал, что применяемые препараты оказали большое воздействие на величину урожая, при этом НСР₀₅ 2018 г. — 0,16 т/га; 2019 г. — 0,18 т/га; 2020 г. — 0,14 т/га (табл. 4).

Таблица 4

Биологическая урожайность ячменя ярового в зависимости от применяемого микробиологического препарата, в среднем 2018–2020 гг.

Микробиологические препараты	Урожайность, т/га				Отклонения от стандарта (+/-)	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя	т/га	%
Контроль	1,32	1,92	1,13	1,45	—	—
Мизорин	2,62	2,81	2,07	2,50	+1,05	72,41
БисолбиФит	3,57	3,68	3,31	3,52	+2,07	142,75
Ризоагрин	2,83	3,12	2,69	2,88	+1,43	98,62
НСР ₀₅	0,13	0,14	0,12	—	—	—

Table 4

Biological yield of spring barley depending on the microbiological agent used, 2018–2020

Microbiological agent	Yield, t/ha				Standard deviations (+/-)	
	2018	2019	2020	Average	t/ha	%
Control	1.32	1.92	1.13	1.45	—	—
Mizorin	2.62	2.81	2.07	2.50	+1.05	72.41
BisolbiFit	3.57	3.68	3.31	3.52	+2.07	142.75
Rizoagrין	2.83	3.12	2.69	2.88	+1.43	98.62
LSD ₀₅	0.13	0.14	0.12	—	—	—

Заключение

В условиях полупустынной зоны Северо-Западного Прикаспия определена эффективность использования ресурсосберегающего способа возделывания ярового ячменя с применением микробиологических препаратов Мизорин, БисолбиФит, Ризоагрин. Разработка и применение данного способа позволяет повысить урожайность ячменя в два раза (3,52 т/га) по сравнению с общепринятым способом (контроль без обработки 1,45 т/га). А также отмечено воздействие предпосевной инокуляции семян на повышение полевой всхожести и количества растений к уборке: на 75 и 26,8 % (Мизорин); 79 и 40,9 % (БисолбиФит); 78 и 37,6 % (Ризоагрин) по отношению к контролю соответственно. Данные микробиологические препараты оказали влияние и на биологическую активность почвы, тем самым способствовали активному росту ярового ячменя в фазу «кущения — трубкавания». Благодаря чему растения данной культуры смогли раскуститься до трех продуктивных стеблей с 1 растения, составив при этом 619 шт./м² (БисолбиФит), 524 шт./м² (Ризоагрин), на контроле же данный показатель составил 296 шт./м².

Следовательно, для повышения продуктивности ярового ячменя можно рекомендовать применение микробиологических препаратов Мизорин, БисолбиФитом и Ризоагрин как мелким, так и крупным крестьянско-фермерским хозяйствам, что поможет перевести земледелие региона на высокий уровень производства данного вида продукции.

Библиографический список

1. Алабушев А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 47—51.
2. Федорова В.А., Наумова Н.А., Яченева Е.В., Тарасенкова Ю.П. Оценка адаптационных возможностей сортообразцов яровых зерновых культур в аридных условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2019. № 9. С. 25—30. doi: 10.28983/asj.y2019i9pp25-30
3. Бугаев П.Д., Абдельхамид С.Э.А. Агротехнические приемы повышения урожайности и качества ярового ячменя // Кормопроизводство. 2019. № 7. С. 28—33.
4. Вильдфлуш И.Р., Пироговская Г.В., Барбасов Н.В. Влияние макро-, микро-удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество ячменя // Почвоведение и агрохимия. 2017. № 1(58). С. 138—145.
5. Матюк Н.С., Николаев В.А., Щигрова Л.И. Изменение плодородия при разных технологиях обработки почв // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 13—16. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10020
6. Мусаев Ф.А., Захарова О.А. Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 89—97.
7. Наумова Н.А. Влияние микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области // Известия: Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2022. № 2(66). С. 161—167. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-20
8. Бугаев П.Д., Абдельхамид С.Э.А. Роль биологических препаратов в улучшении качества семян и повышении продуктивности ярового ячменя // Доклады ТСХА. 2019. № 291. С. 614—618.
9. Тютюма Н.В., Тарасенкова Ю.П. Сравнительная оценка бактериальных препаратов при возделывании ярового овса в условиях Астраханской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2022. № 3(53). С. 6—11. doi: 10.32935/2221-7312-2022-53-3-6-11

10. Наумова Н.А. Особенности формирования зерновой продуктивности и ее элементов у сортов ярового ячменя в условиях Астраханской области // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 5. С. 29—34.
11. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: метод. руководство / под ред. Е.В. Шеина. М.: Изд-во МГУ, 2001. 200 с.
12. Тимаков А.Г., Мамеев В.В., Павловская Н.Е. Влияние новых биологических препаратов на структуру урожая ярового ячменя в зависимости от метеоусловий // *Агрохимический вестник*. 2019. № 2. С. 53—57. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10028
13. Фирсова Т.И., Филенко Г.А. Перспективы элитного семеноводства ярового ячменя в Ростовской области // *Аграрный вестник Урала*. 2015. № 7. С. 25—28.
14. Ячменёва Е.В., Наумова Н.А. Изучение яровых зерновых культур и выделение наиболее продуктивных сортообразцов в условиях Нижнего Поволжья // *Горное сельское хозяйство*. 2019. № 2. С. 57—62. doi: 10.25691/GSH.2019.2.011

References

1. Alabushev AV. Adaptive potential of varieties of cereal crops. *Legumes and groat crops*. 2013;(2):47—51. (In Russ.).
2. Fedorova VA, Naumova NA, Yachmeneva EV, Tarasenkova YP. Evaluation of adaptive capacity of genotypes of spring cereals in arid conditions of the Astrakhan region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;(9):25—30. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2019i9pp25-30
3. Bugaev PD, Abdelhamid SEA. Cultivation practices improving yield and grain quality of spring barley. *Fodder production*. 2019;(7):28—33. (In Russ.).
4. Wildflush IR, Pirogovskaya GV, Barbasov NV. Influence of macro- and micronutrients and growth regulators on yield and quality of barley. *Soil science and agrochemistry*. 2017;(1):138—145. (In Russ.).
5. Matyuk NS, Nikolaev VA, Shchigrova LI. Change of fertility at different technologies of soil treatment. *Agrochemical herald*. 2019;(2):13—16. (In Russ.). doi: 10.24411/0235-2516-2019-10020
6. Musaev FA, Zakharova OA. Barley yield dependance on HTC and fertilizers. *Advances in current natural sciences*. 2016;(2):89—97. (In Russ.).
7. Naumova NA. Influence of microbiological preparations on the productivity of spring barley under conditions of the north of Astrakhan region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;(2):161—167. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-20
8. Bugaev PD, Abdelhamid SEA. The role of biological preparations in improving quality of seeds and increasing productivity of spring barley. In: *TLC reports*. Vol. 291. 2019;p. 614—618. (In Russ.).
9. Tyutyuma NV, Tarasenkova YP. Comparative evaluation of bacterial preparations in the cultivation of spring oats in the conditions of the Astrakhan region. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2022;52(3):6—11. (In Russ.). doi: 10.32935/2221-7312-2022-53-3-6-11
10. Naumova NA. Peculiarities of grain productivity formation and its elements in varieties of spring barley collection of VIR in conditions of arid climate of Astrakhan region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021;(5):29—34. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2021i5pp29—34
11. Shein EV. (ed.) *Polevye i laboratornye metody issledovaniya fizicheskikh svoystv i rezhimov pochv* [Field and laboratory methods of investigation of physical properties and regimes of soils]. Moscow: MGU publ.; 2001. (In Russ.).
12. Timakov AG, Mameev VV, Pavlovskaya NE. Influence of new biological preparations on structure of spring barley harvest depending on climatic conditions. *Agrochemical Bulletin*. 2019;(2):53—57. (In Russ.). doi: 10.24411/0235-2516-2019-10028
13. Firsova TI, Filenko GA. Possibilities of basic seed-growing of spring barley in Rostov region. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2015;(7):25—28. (In Russ.).
14. Yachmeneva EV, Naumova NA. The study of spring crops and selection of the most productive genotypes in the Lower Volga region. *Mining agriculture*. 2019;(2):57—62. (In Russ.). doi: 10.25691/GSH.2019.2.011

Об авторе:

Наумова Нина Алексеевна — заведующая лабораторией растительных ресурсов отдела комплексных мелиораций, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»), Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, ул. кв. Северный, д. 8; e-mail: Naumovana84@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3755-9241

About the author:

Naumova Nina Alekseevna — Head of the Laboratory of Plant Resources of the Integrated Land Reclamation Department, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 kv. Severny st., Solenoe Zaimishche vill., Chernoyarsky District, Astrakhan Region, 416251, Russian Federation; e-mail: Naumovana84@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3755-9241




Генетика и селекция растений Genetics and plant breeding

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-466-472
УДК 68.35.37

Научная статья / Research article

Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия

Н.А. Зайцева , Е.В. Ячменёва , И.И. Климова  

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Российская Федерация
 irina.ssd1981@yandex.ru

Аннотация. Низкие и неустойчивые урожаи основных масличных культур в условиях Северного Прикаспия — Астраханской области не способствуют заинтересованности в их масштабном возделывании в регионе. По этой причине валовой сбор масличных сильно падает, создавая при этом дефицитность растительного масла. В настоящее время возделывание сафлора красильного становится актуальным благодаря его высокой засухоустойчивости и качественным показателям сафлорового масла. Представлена оценка трехлетних испытаний (2019—2021 гг.) 24 коллекционных образцов сафлора красильного на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. На опытном участке ФГБНУ Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН проведена работа по изучению сортов сафлора красильного из коллекции ВИР. Определялось влияние основных абиотических и биотических факторов среды на морфо-биологические и хозяйственные признаки сафлора. На основании полученных результатов выделены перспективные образцы, имеющие селекционную ценность в качестве исходного материала при создании новых сортов: Gila, Шахалли-260, Цамбули, Ширкас, Талан, Центр 70, Молдир, Нурлан, Александрит, Шифо, Sinaloa-90. Выделенные сорта превысили показатели стандартного сорта Астраханский 747 по урожайности на 0,43...1,06 т/га, по масличности на 1,75...3,02 %.

Ключевые слова: сортоиспытание, урожайность, масличность, *Carthamus tinctorius* L.

Заявление о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 23 марта 2022 г., принята к публикации 7 июля 2022 г.

© Зайцева Н.А., Ячменёва Е.В., Климова И.И., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Зайцева Н.А., Ячменёва Е.В., Климова И.И. Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 466—472. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-466-472

Breeding value of safflower in arid conditions of the Northern Caspian

Nadezhda A. Zaitseva , Ekaterina V. Yachmeneva ,
Irina I. Klimova  

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Russian federation

Abstract. Low and unstable yields of the main oilseed crops do not create interest for their large-scale cultivation in conditions of the Northern Caspian—Astrakhan region. For this reason, gross harvest of oilseeds is reducing significantly creating a vegetable oil shortage. Currently, safflower cultivation is relevant due to high drought resistance and quality indicators of safflower oil. 24 collection samples of safflower were studied on light chestnut soils of the Lower Volga region in 2019—2021. The experiments on safflower cultivars from seed collection of Vavilov Institute of Plant Industry were carried out at the experimental site of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Influence of the main abiotic and biotic environmental factors on morpho-biological and economic characteristics of safflower was determined. Based on the results obtained, the following promising samples having breeding value as a starting material for creation of new cultivars were identified: Gila, Shahalli-260, Tsambuli, Shirkas, Talan, Centr 70, Moldir, Nurlan, Aleksandrit, Shifo, Sinaloa-90. Productivity and oil content of the selected cultivars exceeded the indicators of cv. Astrakhan 747 (standard) by 0.43...1.06 t/ha and 1.75...3.02 %, respectively.

Key words: variety testing, yield, oil content, *Carthamus tinctorius* L.

Conflicts of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Article history: Received: 23 March 2022. Accepted: 7 July 2022.

For citation: Zaitseva NA, Yachmeneva EV, Klimova II. Breeding value of safflower in arid conditions of the Northern Caspian. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):466—472. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-466-472

Введение

Сафлор— это культура многоцелевого назначения. Его используют в качестве корма в животноводстве и птицеводстве, в производстве пищевых продуктов, а также применяют в медицинских и технических целях. Масло сафлора очень полезно для здоровья человека, так как содержит полиненасыщенные жирные кислоты в высокой концентрации. Входящая в их состав олеиновая кислота способствует снижению холестерина, поэтому сафлоровое масло востребовано среди людей, которые придерживаются здорового питания [1—7].

Возрастающая потребность в сафлоре мотивирует селекционеров на создание новых перспективных сортов. Эффективность селекции определяется многими факторами, но проблема исходного материала в современной научной селекции выносится на первое место. Исходный материал — та база, используя которую, предстоит получить те или иные сорта, и тем самым она как бы предreshает успех всех этапов селекционной программы [8—13].

Цель исследования — проведение комплексного изучения и отбора сафлора, выделение новых генетических источников и доноров ценных признаков с целью создания современных экологически пластичных сортов, сочетающих высокую продуктивность и устойчивость к аридным условиям Северного Прикаспия (Астраханской области).

Материалы и методы исследования

Работа по изучению исходного материала сафлора красильного ведется лабораторией селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН (ПАФНЦ РАН) с 2019 г.

В сортоиспытании находилось 24 образца сафлора красильного из коллекции ВИР, отличающиеся по своему происхождению и морфологическим признакам. Коллекционный питомник закладывался общей площадью 308 м² согласно методикам полевого опыта Б.А. Доспехова 1985 г. и государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур 2015 г. Изучение сортов сафлора осуществлялось методом сравнения со стандартом Астраханский 747. Морфо-биологические и хозяйственные признаки определялись согласно классификатору вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный) 1985 г. [14—16]. Всесторонние исследования и оценка сортов из коллекции ВИР позволят подобрать сорта для дальнейшей селекционной работы в данной агроэкологической зоне.

Результаты исследований и обсуждение

Годы исследований различались по метеоусловиям, что вполне естественно отразилось на уровне урожайности сафлора.

Сумма активных температур за вегетацию сафлора в 2019 г. составила 1937 °С. ГТК был равен 0,4. Большая часть осадков (58 мм) пришлась на фазу созревания, общее количество выпавших осадков составило 90,6 мм. Первые всходы появились на 12...14 сутки после посева. Вегетационный период сафлора составил 74...79 суток. Наиболее скороспелыми оказались сорта Акмай, Молдир, Нурлан, Ширкас, Шифо и Шахалли-260.

За весь вегетационный период сафлора красильного в 2020 г. выпало всего 65,8 мм осадков, что на 31,5 мм меньше среднемноголетней нормы. Сумма активных температур составила 2142 °С. ГТК за период вегетации составил 0,26, что характеризует погодные условия этого года как острозасушливые. В сухой и жаркий 2020 г. период вегетации сафлора составил 61...79 суток. Период посев-всходы был

сильно затянут из-за недостатка влаги. После посева 30 марта единичные всходы появились в конце апреля, а полные были отмечены лишь во второй декаде мая, после выпавших осадков. Наименьшей продолжительностью вегетации отличились сорта Окег, Заволжский 1, Александрит, Акмай, ВИР 2933, Шифо, Шахалли-260, Цамбули и Мороз воевода.

В сравнении с предыдущими двумя годами по влагообеспеченности 2021 г. оказался наиболее благоприятным для всех сельскохозяйственных культур. Общее количество осадков составило 110,5 мм. Однако обильные осадки в фазу цветения привели к плохому завязыванию семян сафлора. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2360 °С. ГТК составил 0,5. Из-за резкого понижения температуры воздуха в третьей декаде апреля всходы были неравномерными. Полные всходы отмечали на 16...29 сутки. Продолжительность вегетационного периода составила 66...77 суток. Первыми созрели сорта Шахалли-260, Цамбули и Ширкас.

Погодные условия засушливых лет исследований не могли не отразиться на продуктивности и качестве урожая. Несмотря на это, анализ исходного материала сафлора за три года изучения по основным показателям семенной продуктивности и количественному содержанию масла показал следующие результаты. Наибольшее количество корзинок на одном растении, а также продуктивных ветвей было отмечено у сортов Акмай (12,0 шт.) и Gila (8,7 шт.). По диаметру корзинок были выделены сорта Александрит и Цамбули (20,8...22,0 мм). Наибольшее число семян в корзинке было отмечено у сортов Цамбули, Талан, Центр 70, Алкызыл и Шыркас (23...34 шт.). Масса семян с одной корзинки более 1 г наблюдалась у сортов Gila, Цамбули, Центр 70 и Алкызыл (1,03...1,34 г). Наибольшей массой семян с одного растения отличились сорта Gila, Цамбули, Талан и Алкызыл. По массе 1000 семян выделились сорта Нурлан, Шахалли-260 и Ширкас (40,10...40,62 г) (табл.).

Характеристика выделенных сортов сафлора, среднее за 2019–2021 гг.

Название	Происхождение	Урожайность, т/га	Масличность, %	Выход масла с 1 га, кг
Астраханский 747, st	Россия	0,58	28,58	134,3
Gila	Мексика	1,07	28,16	146,4
Sinaloa-90	Мексика	0,86	30,33	182,0
Александрит	Россия	0,61	31,02	145,8
ВИР 2933	Таджикистан	0,87	28,54	119,9
Шахалли-260	Таджикистан	1,02	27,03	189,2
Цамбули	Таджикистан	1,64	29,37	264,3
Ширкас	Казахстан	1,03	28,70	198,0
Талан	Казахстан	1,01	30,47	158,4
Центр 70	Казахстан	1,28	27,86	242,4
Алкызыл	Казахстан	0,79	25,67	190,0
Молдир	Казахстан	0,60	31,60	123,2
Нурлан	Казахстан	0,72	31,02	186,1
Акмай	Казахстан	0,80	29,14	195,2

Characteristics of selected safflower cultivars, 2019–2021

Cultivar	Origin	Yield, t/ha	Oil content, %	Oil yield per 1 ha, kg
Astrakhansky 747, st	Russia	0.58	28.58	134.3
Gila	Mexico	1.07	28.16	146.4
Sinaloa-90	Mexico	0.86	30.33	182.0
Aleksandrit	Russia	0.61	31.02	145.8
VIR 2933	Tajikistan	0.87	28.54	119.9
Shahalli-260	Tajikistan	1.02	27.03	189.2
Tsambuli	Tajikistan	1.64	29.37	264.3
Shirkas	Kazakhstan	1.03	28.70	198.0
Talan	Kazakhstan	1.01	30.47	158.4
Centr 70	Kazakhstan	1.28	27.86	242.4
Alkyzyl	Kazakhstan	0.79	25.67	190.0
Moldir	Kazakhstan	0.60	31.60	123.2
Nurlan	Kazakhstan	0.72	31.02	186.1
Akmay	Kazakhstan	0.80	29.14	195.2

Корреляционный анализ показал сильную зависимость между количеством выполненных семян в корзинке и числом семян в корзинке, массой семян с 1 растения и массой семян с 1 корзинки, а также урожайности и массы 1000 семян ($r = 1,0$). Высокая корреляционная связь наблюдалась между количеством выполненных семян на 1 растении и числом семян в корзинке и количеством выполненных семян в 1 корзинке, также сильно коррелировали показатели количества корзинок на 1 растении с количеством продуктивных ветвей. Средние корреляционные связи отмечались между расстоянием до первой ветви и высотой растения, между массой семян с 1 корзинки с диаметром корзинки, между массой семян с 1 растения и диаметром корзинки.

Из выделенных образцов по многим показателям продуктивности наибольшую урожайность в среднем за два года изучения показали сорта Талан (1,01 т/га), Шахалли-260 (1,02 т/га), Ширкас (1,03 т/га), Gila (1,07 т/га), Центр 70 (1,28 т/га), Цамбули (1,64 т/га), которые на протяжении всего периода изучения давали стабильные урожаи в различные по влагообеспеченности и температурному режиму годы (см. табл.).

На основании анализа полученных данных были выделены перспективные образцы сафлора, имеющие наибольшую масличность, — Молдир, Нурлан, Александрит, Шифо, Талан, Sinaloa-90 (30,33...31,60 %). Исходя из масличности и урожайности рассчитали выход масла с 1 га. Наибольший выход масла показали сорта Центр 70 (242,4 кг/га) и Цамбули (264,3 кг/га) (см. табл.).

Заключение

В результате изучения основных показателей продуктивности и количественного содержания масла сафлора красильного в 2019—2021 гг. были выделены сорта, превышающие стандарт — Астраханский 747 — по тем или иным признакам: Gila,

Шахалли-260, Цамбули, Ширкас, Талан, Центр 70, Молдир, Нурлан, Александрит, Шифо, Sinaloa-90. Эти сорта могут быть использованы в качестве исходного материала для ведения дальнейшей селекционной работы.

Библиографический список

1. Бражник В.П. Проблемы и перспективы работ центра по селекции, семеноводству и технологии возделывания масличных культур // *Технические культуры*. 1995. № 1—2. С. 2—6.
2. Леонтьев В.И., Сухарева Е.П., Рябова Е.Н. Возделывание сафлора красильного в сухостепной зоне темно-каштановых почв Нижнего Поволжья // *Научно-агрономический журнал*. 2013. № 1 (92). С. 34—38.
3. Адаптивная технология возделывания сафлора в условиях Саратовской области: рекомендации производству / сост.: Н.М. Ружейникова, Н.Н. Кулева, А.Н. Зайцев. Саратов, 2012. 30 с.
4. Андрияк А.В., Ивановшин Е.А. Новая масличная культура в Зауралье // *Зауральский научный вестник*. 2013. № 2 (4). С. 85—88.
5. Кильянова Т.В., Сафина Н.В. Производство семян сафлора красильного в условиях Ульяновской области // *Агромир Поволжья*. 2018. № 1 (29). С. 29—32.
6. Иванов В.М., Толмачёв В.В. Урожайность и качество маслосемян сафлора красильного в зависимости от технологии посева в Волгоградском Заволжье // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2010. № 4(20). С. 35—42.
7. Болдырь Д.А., Сухарева Е.П. Технология возделывания сафлора красильного // *Научно-агрономический журнал*. 2013. № 2 (93). С. 23—26.
8. Шамсутдинов З.Ш., Козлов Н.Н. Значение генетической коллекции в интенсификации селекции кормовых культур // *Селекция и семеноводство*. 1996. № 3—4. С. 9—12.
9. Северов В.И., Калашиков К.Г. Сравнительные испытания масличных культур в Тульской области // *Технические культуры*. 1993. № 3—4. С. 6—7.
10. Fernandez G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance // *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance*. Asian Vegetable Research and Development Centre, Taiwan, 1992. P. 257—270.
11. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop Science*. 1981. № 21. P. 943—946.
12. Gecgel U., Demirci M., Esendal E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter // *International Journal of Molecular Sciences*. 2007. № 1. P. 11—15.
13. Бородина Н.Н. Экономическая эффективность возделывания сафлора // *Фермер. Поволжье*. 2019. № 2 (79). С. 50—52.
14. Зайцева Н.А., Ячменева Е.В., Климова И.И., Дьяков А.С. Перспективные сортообразцы сафлора для возделывания в различных условиях увлажнения на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2021. № 3. С. 23—27.
15. Зайцева Н.А., Ячменева Е.В., Климова И.И., Дьяков А.С. Изучение коллекционных образцов сафлора красильного в засушливых условиях Астраханской области // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 10. С. 26—29.
16. Зайцева Н.А., Ячменева Е.В., Климова И.И., Дьяков А.С. Продуктивность сафлора красильного в различных по влагообеспеченности условиях // *Известия НВ АУК*. 2021. № 2(62). С. 143—151.

References

1. Brazhnik VP. Problems and prospects of the center for breeding, seed production and technology of cultivation of oilseeds. *Technical crops*. 1995;(1—2):2—6. (In Russ.).
2. Leontiev VI, Sukhareva EP, Ryabova EN. Cultivation of safflower in the dry-steppe zone of dark chestnut soils of the Lower Volga region. *Scientific Agronomy Journal*. 2013;(1):34—38. (In Russ.).
3. Ruzheynikova NM, Kuleva NN, Zaitsev AN. *Adaptivnaya tekhnologiya vozdelevaniya saflora v usloviyakh Saratovskoi oblasti: rekomendatsii proizvodstvu* [Adaptive technology of safflower cultivation in the Saratov region: Recommendations for production]. Saratov; 2012. (In Russ.).
4. Andriyuk AV, Ivanyushin EA. New oilseed culture in the Trans-Urals. *Zaural'skii nauchnyi vestnik*. 2013;(2):85—88. (In Russ.).
5. Kilyanova TV, Safina NV. Production of safflower seeds in the Ulyanovsk region. *Agromir Povolzh'ya*. 2018;(1):29—32. (In Russ.).

6. Ivanov VM, Tolmachev VV. Crop capacity and quality of dye safflower depending on sowing technology in Volgograd Zavolzhje. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2010;(4):35—42. (In Russ.).
7. Boldyr DA, Sukhareva EP. Technology of cultivation of safflower. *Scientific Agronomy Journal*. 2013;(2):23—26. (In Russ.).
8. Shamsutdinov ZS, Kozlov NN. The importance of the genetic collection in the intensification of breeding forage crops. *Seleksiya i semenovodstvo*. 1996;(3—4):9—13. (In Russ.).
9. Severov VI, Kalashnikov KG. Comparative tests of oilseeds in the Tula region. *Technical crops*. 1993;(3—4):6—7. (In Russ.).
10. Fernandez GCJ. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance*. Asian Vegetable Research and Development Centre: Taiwan; 1992. pp. 257—270.
11. Rosielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981;21(6):943—946.
12. Gecgel U, Demirci M, Esendal E. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *Int J Nat Eng Sci*. 2007;1:11—15.
13. Borodina NN. Economic efficiency of safflower cultivation. *Fermer. Povolzh'e*. 2019;(2):50—52. (In Russ.).
14. Zaitseva NA, Yachmeneva EV, Klimova II, Dyakov AS. Perspective cultivars of safflower for cultivation under different humidity conditions on light chestnut soils in the Lower Volga region. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2021;(3):23—27. (In Russ.). doi: 10.32935/2221-7312-2021-49-3-23-27
15. Zaitseva NA, Klimova II, Yachmeneva EV, Dyakov AS. Study of safflower collection samples under arid conditions of the Astrakhan region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021;(10):26—29. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2021i10pp26-29
16. Zaitseva NA, Yachmeneva EV, Klimova II, Dyakov AS. Productivity of safflower «*Carthamus tinctorius*» in various moisture security conditions. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2021;(2):143—151. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2021-02-15

Об авторах:

Зайцева Надежда Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лаборатории селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Российская Федерация, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: konf_pniiaz@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8227-398X

Ячменева Екатерина Васильевна — младший научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Российская Федерация, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: rfn.yz2009@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4676-9408

Климова Ирина Ивановна — научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Российская Федерация, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9582-3752

About authors:

Zaitseva Nadezhda Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Head of Laboratory of crop breeding, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny quarter, Solenoe Zaimishche vil., Chernoyarsk district, Astrakhan region, Russian Federation; e-mail: konf_pniiaz@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8227-398X

Yachmeneva Ekaterina Vasilievna — Junior Researcher, Laboratory of crop breeding, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny quarter, Solenoe Zaimishche vil., Chernoyarsk district, Astrakhan region, Russian Federation; e-mail: rfn.yz2009@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4676-9408

Klimova Irina Ivanovna — Researcher, Laboratory of Agricultural Crops Breeding, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny quarter, Solenoe Zaimishche vil., Chernoyarsk district, Astrakhan region, Russian Federation; e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9582-3752



Защита растений Plant protection

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-473-483


УДК 579.64:632.911.2:632.3.01/08

Научная статья / Research article

Идентификация *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens* в зерне пшеницы методом ПЦР

М. Мувинги¹  , О.Ю. Словарева² , М. Заргар¹ ¹Российский университет дружбы народов, г Москва, Российская Федерация²Всероссийский центр карантина растений,

р.п. Быково, Московская область, Российская Федерация

 mufaromvingi@gmail.com

Аннотация. Фитосанитарными требованиями крупнейших импортеров российского зерна — Египта, Турции, Бангладеша, Нигерии и Пакистана — регулируются возбудители бактериозов зерновых культур *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens*, что вызывает необходимость в разработке быстрых методов их диагностики. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР), зарекомендовавший себя в испытательных лабораториях как самый быстрый и надежный, требует оптимальной подготовки тестируемого материала. Цель исследования — оптимизация процесса подготовки проб семян для последующего выявления и идентификации *P. fuscovaginae*, *P. syringae* и *X. translucens* методом ПЦР. Образцы зерна пшеницы замачивали в фосфатно-солевом буфере (PBS) в течение 2 часов и заражали суспензиями культур *P. fuscovaginae*, *P. syringae* pv. *coronafaciens* и *X. translucens* в различных концентрациях. Затем зараженные образцы зерна измельчали и подвергали двухэтапному центрифугированию. Из полученных аналитических проб выделяли ДНК и проводили видоспецифичную для каждого вида бактерий ПЦР. В результате установлено, что двухчасового замачивания семян и их обработки гомогенизатором достаточно, чтобы эффективно разрушить каждое зерно в пробе и обеспечить выход бактерий в жидкую часть пробы. Первое низкоскоростное центрифугирование позволило эффективно осадить измельченное зерно и удалить лишний крахмал из надосадочной жидкости. Высокоскоростное центрифугирование надосадочной жидкости позволило получить концентрированную микробиоту, содержащуюся в образце зерна. Использование набора для выделения ДНК «Проба-ГС», АгроДиа-

© Мувинги М., Словарева О.Ю., Заргар М., 2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

гностика (Россия) позволило получить ДНК достаточного качества для проведения ПЦР. С помощью набора *Pseudomonas fuscovaginae*-РВ, Синтол (Россия) и праймеров PsyF/PsyR и 4F1/4R 1 успешно обнаружена ДНК *P. fuscovaginae*, *P. syringae* и *X. translucens* соответственно в каждом из зараженных этими бактериями образце в концентрациях 10^3 КОЕ/мл. Отмечено отсутствие ингибирования ПЦР при использовании изложенных методов подготовки проб и тестирования. Метод удаления крахмала из проб для молекулярной диагностики фитопатогенов, насколько нам известно, использовался впервые. Применение использованных в работе методов позволит проводить диагностику значимых для экспорта зерна возбудителей бактериозов в течение одного дня.

Ключевые слова: экспорт зерна, фитосанитарные требования, карантин растений, полимеразная цепная реакция, ПЦР, бурая гниль, листовая оболочка, злаковые культуры, ореольный бактериоз, черный бактериоз, зерновые культуры, диагностика фитопатогенов

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 20 мая 2022 г., принята к публикации 28 июня 2022 г.

Для цитирования: Муvingи М., Словарева О.Ю., Заргар М. Идентификация *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens* в зерне пшеницы методом ПЦР // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 473—483. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-473-483

Identification of *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* and *Xanthomonas translucens* in wheat seeds using PCR

Mufaro Muvingi¹  , Olga Y. Slovareva² , Meisam Zargar¹ 

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

²All-Russian Plant Quarantine Center, Moscow region, Russian Federation

*mufaromuvingi@gmail.com

Abstract. The causative agents of grain crops bacteriosis viz. *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* and *Xanthomonas translucens* are regulated by phytosanitary requirements of the largest importers of Russian grain — Egypt, Turkey, Bangladesh, Nigeria and Pakistan. Therefore, it requires the development of rapid methods for their diagnosis. The PCR method, which is the fastest and most reliable in testing laboratories, needs optimal preparation of the test material. The aim of the study was to optimize the process of preparing seed samples for subsequent detection and identification of *P. fuscovaginae*, *P. syringae* and *X. translucens* by PCR. Wheat grain samples were soaked in phosphate-buffered saline (PBS) for 2 hours and infected with suspensions of *P. fuscovaginae*, *P. syringae* pv. *coronafaciens* and *X. translucens* at various concentrations. Then, the infected grain samples were crushed and subjected to two-stage centrifugation. DNA was isolated from the obtained analytical samples and species-specific PCR was performed for each bacterial species. It was found that a two-hour soaking of the seeds and their treatment with a homogenizer is sufficient to effectively destroy each grain in the sample and ensure the release of bacteria into the liquid part of the sample. The first low-speed centrifugation allowed the crushed grain to settle efficiently and remove excess starch from the supernatant. High-speed centrifugation of the supernatant made it possible to obtain a concentrated microbiota contained in the grain sample. To obtain DNA of sufficient quality for PCR test, the kit 'Proba-GS' (AgroDiagnostika, Russia) was used for DNA extraction. Using 'Pseudomonas fuscovaginae-RT' kit (Syntol, Russia) and PsyF/PsyR and 4F1/4R 1 primers, DNA of *P. fuscovaginae*, *P. syringae* and *X. translucens*, respectively, was successfully detected in each of the samples infected with these bacteria at concentrations of 10^3 CFU/ml. The absence of PCR inhibition was noted. The method of removing starch from samples for molecular diagnostics of phytopathogens was used for the first time. Application of these methods will allow diagnosing pathogens of bacterioses within one day.

Keywords: grain export, phytosanitary requirements, plant quarantine, polymerase chain reaction, PCR, brown leaf rot, leaf cover, cereal crops, halo bacteriosis, black bacteriosis, grain crops, diagnostics of phytopathogens

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 20 May 2022. Accepted: 28 June 2022.

For citation: Muvingi M, Slovareva OY, Zargar M. Identification of *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* and *Xanthomonas translucens* in wheat seeds using PCR. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):473—483. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-473-483

Введение

В 2019—2020 гг. Россия экспортировала зерно по кодам ТН ВЭД 1001 (пшеница и меслин), 1002 (рожь), 1003 (ячмень), 1004 (овес) на сумму около 9,5 млрд долларов, что сделало ее крупнейшим экспортером пшеницы в мире [1]. Основными импортерами зерна из России были Саудовская Аравия, Египет, Турция, Бангладеш, Иран, Нигерия, Китай и Пакистан, из которых Турция импортировала 9, а Саудовская Аравия 3,2 млн тонн в 2020 г. [1]. Фитосанитарными требованиями указанных стран регулируются один или несколько возбудителей бактериозов зерновых культур, принадлежащих следующим видам: *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens* [2, 3].

Основным источником распространения бактериозов зерновых культур являются зараженные семена [4], при этом симптомы заболевания в случае его наличия не позволяют идентифицировать возбудителя. Для осуществления фитосанитарного контроля бактериозов пробы от партий зерна подлежат лабораторной диагностике.

Известные в настоящее время методы диагностики *P. fuscovaginae* предполагают использование комбинации из 2 и более тестов, среди которых: выделение культуры бактерии на селективных и полуселективных средах, тест на патогенность, биохимические тесты, серотипирование, а также анализ профилией жирных кислот, исследование содержания общего белка в клетках, иммунодиагностика, иммунофлуоресценция и молекулярно-генетические тесты [5]. Для идентификации *P. syringae* отмечено несколько диагностических тестов, основанных на полимеразной цепной реакции (ПЦР) [6]. Методы идентификации *X. translucens* основаны на структуре колоний, цвете, биохимическом анализе, патогенности и ПЦР [7].

Среди вышеперечисленных методов диагностики ПЦР является наиболее применимым в практике фитосанитарных лабораторий в связи с универсальностью и быстротой выполнения. Только использование тестов на основе ПЦР в сочетании с быстрым методом подготовки проб позволяет провести диагностику в течение суток. В то же время не описаны критерии использования ПЦР при диагностике *P. fuscovaginae*, *P. syringae* и *X. translucens* в тотальной ДНК, выделенной из семян. Тестирование ДНК из образца семян требует оптимального метода подготовки проб, проведенного в кратчайшие сроки. На сегодняшний день существует только описание

метода замачивания семян в течение 24 часов [8]. Однако *P. syringae* может находиться внутри семян, как было показано при исследовании зараженных семян гороха [9].

В связи с тем, что целевые бактерии могут находиться как на поверхности семян, так и внутри [10], методы промывки и экстракции менее эффективны, чем измельчение семян [8]. В то же время измельчение приводит к попаданию в образец большого количества крахмала, одного из ингибиторов ПЦР [11].

Совершенствование процесса лабораторной диагностики значимых для экспорта зерна видов бактерий — *P. fuscovaginae*, *P. syringae* и *X. translucens* — требует оптимизации метода подготовки проб, позволяющего сразу проводить ПЦР-тестирование.

Цель исследования — оптимизация процесса подготовки проб семян для последующего выявления и идентификации *Pseudomonas fuscovaginae*, *Pseudomonas syringae* и *Xanthomonas translucens* методом ПЦР.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись пробы зерна пшеницы, зараженные суспензиями бактерий *P. fuscovaginae*, *P. syringae* pv. *coronafaciens* и *X. translucens* в определенных концентрациях. Исследование проводили в марте 2022 г.

Воздушно-сухое зерно пшеницы ссыпали в общую емкость и перемешивали для придания однородности пробам. С помощью электронных весов (АН-4200СЕ, Vibra, Япония) взвешивали лабораторные пробы, масса каждой из которых составляла $25 \pm 0,2$ г. Лабораторные пробы помещали в пакеты для гомогенизации и добавляли 54 мл фосфатно-солевого буфера (PBS) (PM 7/24 (4), ЕРРО, 2019). Пакеты с пробами в специальном штативе помещали на орбитальный шейкер (Unimax 2010, Heidolph, Германия) и устанавливали режим 2 ч, 100 об/мин. После запуска шейкера приступали к приготовлению бактериальных суспензий.

Для приготовления суспензий использовали 3-суточные чистые живые культуры *P. fuscovaginae* (штамм 0335 в коллекции ВНИИКР), *P. syringae* pv. *coronafaciens* (штамм 0440 в коллекции ВНИИКР) и 7-суточную чистую живую культуру *X. translucens* (штамм 0337 в коллекции ВНИИКР). Для штаммов 0440 и 0335 в исследовании использовали среду Кинга Б (PM 7/43 (1), ЕРРО, 2004), а для штамма 0337 — среду LB [12]. Суспензии бактерий готовили в микропробирках объемом 1,5 мл, используя стерильный PBS. Начальная суспензия бактерий по мутности визуально почти не отличалась от чистого PBS.

Концентрацию бактерий в суспензии определяли методом Коха [13], высевая с помощью шпателя Дригальского по 100 мкл 6, 7 и 8 разведений на 3 чашки Петри с соответствующей средой и проводя подсчет колоний спустя 7 суток выдерживания чашек при $+25$ °С в инкубаторе (MIR-254, Panasonic Healthcare Co. Ltd., Япония). Приготовленные бактериальные суспензии сразу использовали для заражения лабораторных проб семян пшеницы.

В пакет с пробой добавляли 6 мл одного из разведений начальной суспензии — 2, 3, 4 или 5. Одну пробу семян оставили не зараженной в качестве отрицательного контрольного образца. По истечении 2 ч встряхивания проб на шейкере

проводили их обработку с помощью лабораторных гомогенизаторов (Bag Mixer 400SW, Interscience, Франция) при режиме 5 мин, скорость 4, ближнее к дверце гомогенизатора положение лопаток. После гомогенизации пробы встряхивали на шейкере в течение 15 мин. При режиме 100 об/мин, а после жидкую часть проб переливали в центрифужные пробирки объемом 50 мл и центрифугировали при режиме 5 мин, 1200 g, 4 °C (Allegra X-30R, Beckman Coulter, Дания). Затем надосадочную жидкость переносили в чистые центрифужные пробирки и центрифугировали при режиме 10 мин, 10000g, 4 °C. Надосадочную жидкость удаляли, а к осадку добавляли 1 мл PBS, встряхивали на вортексе и переносили полученную аналитическую пробу в микропробирку.

Выделение ДНК проводили сорбционным методом («Проба-ГС», АгроДиагностика, Россия), используя 200 мкл каждой аналитической пробы в двухкратной повторности, а также 200 мкл 3, 4, 5 и 6 разведений бактериальных суспензий в PBS. Диагностику бактерий в выделенной ДНК проводили с использованием видоспецифичных праймерных систем.

Для диагностики *P. fuscovaginae* в образцах ДНК использовали набор *Pseudomonas fuscovaginae*-PB, Синтол, Россия. Чтобы оценить наличие ингибирования ПЦР, указанным набором тестировали бактериальные суспензии штаммов 0440 и 0337 и зараженные данными штаммами экстракты. ПЦР проводили в соответствии с инструкцией производителя на детектирующем амплификаторе (ДТпрайм 5М6, ДНК-Технология, Россия).

Диагностику *P. syringae* pv. *coronafaciens* проводили с использованием праймеров PsyF/PsyR (длина ампликона 144 п.о.) [14]. Реакционная смесь объемом 25 мкл содержала праймеры в конечной концентрации 0,16 микромоляр, мастер-микс 5x ScreenMix-HS (Евроген, Россия) и 2 мкл ДНК. Тестирование на наличие ДНК *X. translucens* проводили с помощью праймеров 4F1/4R 1 (длина ампликона 500 п.о.); состав реакционной смеси соответствовал составу, изложенному в источнике [15]. Программа амплификации для ПЦР с праймерами PsyF/PsyR и 4F1/4R 1: 5 мин при 95 °C, 40 циклов: 30 с при 95 °C, 30 с при 61 °C и 30 с при 72 °C; 7 мин при 72 °C (T100 Thermal Cycler, BioRad, США). Продукты ПЦР разгоняли в 1,5 % агарозном геле при режиме В — 130, мА — 165, Вт — 40, 50 мин (Эльф-4, ДНК-Технология, Россия). Результат ПЦР интерпретировали по электрофореграммам, снятым на геледокументирующей системе (BioRad, США).

Результат тестирования образца считали положительным, если присутствовала специфическая реакция для гена-мишени ПЦР в виде экспоненциальной кривой при использовании ПЦР в режиме «реального времени» (ПЦР-РВ) или ампликона определенного размера при использовании классической ПЦР, отсутствовала специфическая реакция для отрицательного контроля и отмечалась реакция внутреннего положительного контроля (ВПК) для отрицательного контрольного образца (ОКО) — отсутствие ингибирования ПЦР. Результат тестирования образца считали отрицательным, если отсутствовала специфическая реакция ПЦР, отмечалась реакция ВПК и присутствовала специфическая реакция для положительного контрольного образца (ПКО). В остальных случаях результат ПЦР считали недостоверным.

Результаты исследования и обсуждение

Обработка с помощью гомогенизатора при режиме 5 мин, скорость 4 пробы семян, выдержанной в PBS в течение 2 ч, привела к раздроблению каждого зерна в пробе и образованию муки крупного помола.

Полученный результат свидетельствует о том, что двухчасового замачивания семян и их обработки гомогенизатором при указанном режиме достаточно, чтобы эффективно разрушить каждое зерно в пробе и обеспечить тем самым выход бактерий в жидкую часть пробы. Используемый солевой буфер при этом является экстрагентом, позволяющим извлечь бактерии из оставшихся целыми частиц зерен в последующие 15 мин встряхивания на шейкере.

Первое низкооборотное центрифугирование при режиме 5 мин, 1200 g, 4 °C привело к образованию мучного осадка массой $1 \pm 0,3$ г в каждом образце. Использование этапа низкооборотного центрифугирования позволило избавиться от большей части содержащегося в пробе крахмала, одного из возможных ингибиторов последующих ПЦР-тестов [11]. Центрифугирование надосадочной жидкости при режиме 10 мин, 10000g, 4 °C позволил получить концентрированную микробиоту, содержащуюся в пробе зерна, количество муки в полученном концентрате при этом было минимальным.

После выделения ДНК из полученных аналитических проб и ПЦР-тестирования оценивали эффективность используемого метода подготовки проб, опираясь на результат определения числа колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) в тестируемых бактериальных суспензиях (табл. 1).

Таблица 1

Результат определения числа колониеобразующих единиц, КОЕ/мл, в тестируемых бактериальных суспензиях спустя 7 суток после посева

Штамм	Разведение начальной суспензии				
	2	3	4	5	6
0335	$4,2 \times 10^7$	$4,2 \times 10^6$	$4,2 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$
0440	$3,7 \times 10^7$	$3,7 \times 10^6$	$3,7 \times 10^5$	$3,7 \times 10^4$	$3,7 \times 10^3$
0337	$1,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$

Table 1

The number of colony-forming units (CFU/ml) in the tested bacterial suspensions 7 days after plating

Strain	Dilution of the initial suspension				
	2	3	4	5	6
0335	4.2×10^7	4.2×10^6	4.2×10^5	4.2×10^4	4.2×10^3
0440	3.7×10^7	3.7×10^6	3.7×10^5	3.7×10^4	3.7×10^3
0337	1.5×10^7	1.5×10^6	1.5×10^5	1.5×10^4	1.5×10^3

Бактериальные суспензии 2-го, 3-го, 4-го и 5-го разведения использовали для инокуляции образцов семян PBS в соотношении 1:9, концентрации бактерий в контаминированных экстрактах семян перед центрифугированием соответствовали приведенным в табл. 1.

ПЦР-тестирование образцов, содержащих штамм 0335, показало присутствие *P. fuscovaginae* как в бактериальных суспензиях в PBS, так и в инфицированных образцах зерна пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

**Результат тестирования образцов выделенной ДНК набором
Pseudomonas fuscovaginae-PB (Синтол, Россия)**

Идентификатор пробирки	Ct, FAM	Ct, HEX	Результат
0335–10 ⁶ -PBS	27,0	34,0	+
0335–10 ⁵ -PBS	29,7	33,8	+
0335–10 ⁴ -PBS	30,8	34,1	+
0335–10 ³ -PBS	31,6	34,2	+
0335–10 ⁶ -Экстракт-1	25,4	34,2	+
0335–10 ⁶ -Экстракт-2	25,2	34,6	+
0335–10 ⁵ -Экстракт-1	29,2	34,3	+
0335–10 ⁵ -Экстракт-2	29,4	34,3	+
0335–10 ⁴ -Экстракт-1	32,3	34,3	+
0335–10 ⁴ -Экстракт-2	31,6	34,2	+
0335–10 ³ -Экстракт-1	34,3	34,5	+
0335–10 ³ -Экстракт-2	35,3	34,5	+
0335–10 ⁷ -PBS-ПКО	22,9	34,1	+
Экстракт-1-ОКО		34,4	–
Экстракт-2-ОКО		34,6	–
PBS-ОКО		34,6	–

Примечание. Ct – пороговый цикл ПЦР; FAM – канал детекции специфики ПЦР; HEX – канал детекции внутреннего положительного контроля ПЦР; + – положительно; – – отрицательно; PBS – фосфатно-солевой буфер; ПКО – положительный контрольный образец; ОКО – отрицательный контрольный образец

Table 2

The result of DNA-testing by 'Pseudomonas fuscovaginae-RT' kit (Sintol, Russia)

Test-tube identification	Ct, FAM	Ct, HEX	Result
0335–10 ⁶ -PBS	27.0	34.0	+
0335–10 ⁵ -PBS	29.7	33.8	+
0335–10 ⁴ -PBS	30.8	34.1	+
0335–10 ³ -PBS	31.6	34.2	+
0335–10 ⁶ -Extract-1	25.4	34.2	+
0335–10 ⁶ -Extract-2	25.2	34.6	+
0335–10 ⁵ -Extract-1	29.2	34.3	+
0335–10 ⁵ -Extract-2	29.4	34.3	+
0335–10 ⁴ -Extract-1	32.3	34.3	+
0335–10 ⁴ -Extract 2	31.6	34.2	+
0335–10 ³ -Extract-1	34.3	34.5	+
0335–10 ³ -Extract-2	35.3	34.5	+
0335–10 ⁷ -PBS-PCS	22.9	34.1	+
Extract1-NCS		34.4	–
Extract2-NCS		34.6	–
PBS-NCS		34.6	–

Note: Ct – PCR threshold cycle; FAM – PCR specific detection channel; HEX – PCR internal positive control detection channel; «+» – positive; «–» – negative; PBS – phosphate-buffered saline; PCS – positive control sample; NCS – negative control sample.

Результат ПЦР-тестирования отрицательных контрольных образцов (незараженных проб зерна и PBS) был отрицательным. Недостоверные результаты отсутствовали.

В каждом из тестируемых образцов, зараженных штаммом 0440, бактерия *Pseudomonas syringae* была обнаружена (рис. 1).

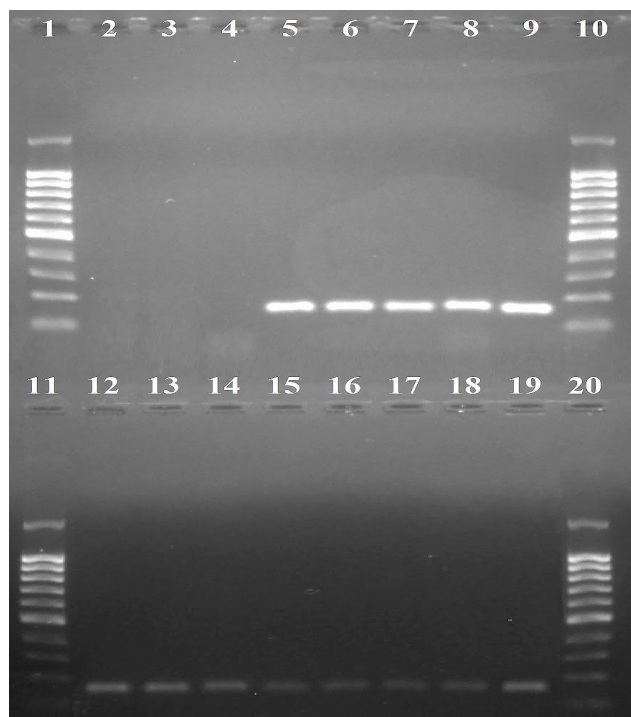


Рис. 1. Электрофореграмма результата ПЦР-тестирования образцов, зараженных штаммом 0440, на наличие *Pseudomonas syringae* с праймерами PsyF/PsyR: 1, 10, 11 и 20 – маркер длины ДНК; 2, 3 – отрицательный контрольный образец (экстракт); 4 – отрицательный контрольный образец (буфер); 5–8 – буфер, зараженный штаммом 0440 в концентрациях $3,7 \cdot 10^6$ – $3,7 \cdot 10^3$ соответственно; 9, 12 – штамм 0440 в экстракте ($3,7 \cdot 10^6$); 13, 14 – штамм 0440 в экстракте ($3,7 \cdot 10^5$); 15, 16 – штамм 0440 в экстракте ($3,7 \cdot 10^4$); 17, 18 – штамм 0440 в экстракте ($3,7 \cdot 10^3$); 19 – положительный контрольный образец

Fig. 1. Electropherogram of PCR testing of samples infected with strain 0440 for the presence of *Pseudomonas syringae* with PsyF/PsyR primers: 1, 10, 11 and 20–100 bp DNA length marker; 2, 3 – Negative control sample (Extract); 4 – pure Phosphate buffered saline (PBS); 5, 8 – PBS infected with strain 0440 at concentrations of 3.7×10^6 – 3.7×10^3 respectively; 9, 12 – strain 0440 in extract (3.7×10^6); 13, 14 – strain 0440 in extract (3.7×10^5); 15, 16 – strain 0440 in extract (3.7×10^4); 17, 18 – strain 0440 in extract (3.7×10^3); 19 – Positive control sample

ПЦР с ДНК отрицательных контрольных образцов при тестировании с праймерами PsyF/PsyR показала отрицательный результат. Недостоверные результаты отсутствовали. Аналогичный результат тестирования отрицательных контрольных образцов был получен в ПЦР с праймерами 4F1/4R1 (рис. 2).

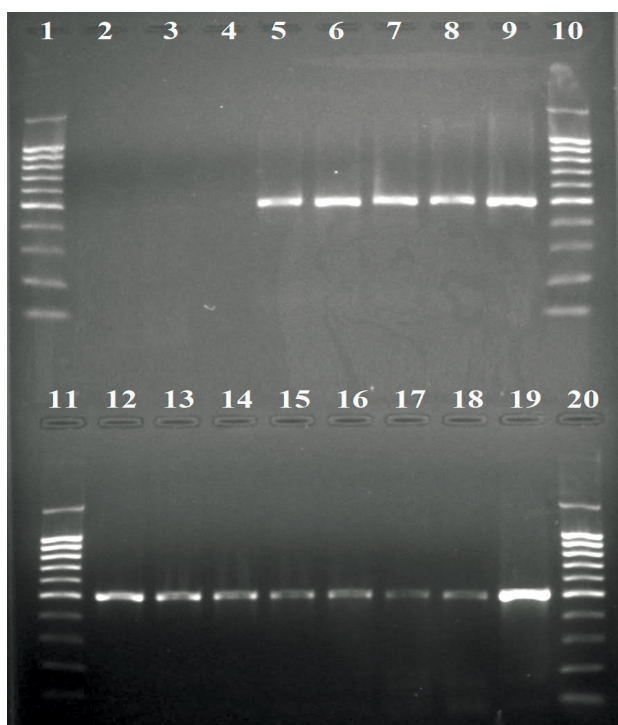


Рис. 2. Электрофореграмма результата ПЦР-тестирования образцов, зараженных штаммом 0337, на наличие *Xanthomonas translucens* с праймерами 4F1/4R 1: 1, 10, 11 и 20 – маркер длины ДНК; 2, 3 – отрицательный контрольный образец (экстракт); 4 – отрицательный контрольный образец (буфер); 5–8 – буфер, зараженный штаммом 0337 в концентрациях $1,5 \cdot 10^6$ – $1,5 \cdot 10^3$ соответственно; 9, 12 – штамм 0337 в экстракте ($1,5 \cdot 10^6$); 13, 14 – штамм 0337 в экстракте ($1,5 \cdot 10^5$); 15, 16 – штамм 0337 в экстракте ($1,5 \cdot 10^4$); 17, 18 – штамм 0337 в экстракте ($1,5 \cdot 10^3$); 19 – положительный контрольный образец

Fig. 2. Electropherogram of PCR testing of samples infected with strain 0337 for the presence of *Xanthomonas translucens* with primers 4F1/4R 1: 1, 10, 11 and 20–100 bp DNA length marker; 2, 3 – Negative control sample (Extract); 4 – Pure Phosphate buffered saline (PBS); 5, 8 – PBS infected with strain 0337 at concentrations of 1.5×10^6 – 1.5×10^3 respectively; 9, 12 – strain 0337 in extract (1.5×10^6); 13, 14 – strain 0337 in extract (1.5×10^5); 15, 16 – strain 0337 in extract (1.5×10^4); 17, 18 – strain 0337 in extract (1.5×10^3); 19 – Positive control sample

Для образцов, зараженных штаммом 0337, были получены положительные результаты при тестировании с праймерами 4F1/4R 1.

Ингибирование ПЦР при использовании набора *Pseudomonas fuscovaginae*-PB не наблюдалось ни для одного из протестированных образцов ДНК, выделенной из проб, зараженных штаммами 0335, 0337 и 0440. Данный результат показывает, что двойное центрифугирование при подготовке проб эффективно для удаления крахмала, оставшегося в пробе вследствие дробления семян. Нам известно об успешном использовании метода удаления ингибирующих веществ из растительного материала путем двухэтапного центрифугирования [15], но для удаления крахмала при подготовке проб зерна пшеницы к ПЦР-тестированию, по нашим

сведениям, он ранее не использовался. Полученный результат также позволяет сделать вывод о том, что ДНК была эффективно выделена набором «Проба-ГС», АгроДиагностика (Россия).

Заключение

В результате исследования отмечено, что обработка с помощью гомогенизатора пробы семян, выдержанной в PBS в течение 2 ч, позволяет раздробить каждое зерно в пробе и обеспечить выход бактерий, если они присутствуют в семенах. Метод дробления очень эффективен при диагностике бактерий, передающихся семенами, так как обеспечивает исследование всей части семени, как в случае наличия бактерий на поверхности, так и внутри семян. Первое низкооборотное центрифугирование позволило эффективно осадить измельченное зерно и избавиться от большей части крахмала. Высокоскоростное центрифугирование надосадочной жидкости позволило получить концентрированную микробиоту, содержащуюся в образце зерна, с минимальным количеством муки. Использование набора для выделения ДНК «Проба-ГС», АгроДиагностика (Россия) позволило получить ДНК образцов достаточного для ПЦР-тестирования качества. С помощью набора *Pseudomonas fuscovaginae*-PB, Синтол (Россия) была успешно обнаружена ДНК *P. fuscovaginae* в каждом из зараженных этой бактерией образцов в пределах чувствительности теста 10^3 КОЕ/мл. Использование праймеров PsyF/PsyR и 4F1/4R 1 позволило обнаружить ДНК *P. syringae* и *X. translucens* соответственно в каждом из зараженных этими бактериями образце в концентрациях 10^3 КОЕ/мл. Отмечено отсутствие ингибирования ПЦР при использовании изложенных методов подготовки проб и тестирования. Метод удаления крахмала из проб для молекулярной диагностики фитопатогенов, насколько нам известно, использовался впервые. Применение использованных в работе методов позволит проводить диагностику значимых для экспорта зерна возбудителей бактериозов в течение одного дня.

Библиографический список/ References

1. Agapkin AM, Makhotina IA. The grain market of Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021; 839(2):022023. doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022023
2. Xie G, Cui Z, Tao Z, Qiu H, Liu H, Ibrahim M, Zhu B, Jin G, Sun G, Almoneafy A, Li B. Genome sequence of the rice pathogen *Pseudomonas fuscovaginae* CB98818. *J Bacteriol.* 2012;194(19):5479–80. doi: 10.1128/JB.01273-12
3. Khojasteh M, Taghavi SM, Khodaygan P, Hamzehzarghani H, Chen G, Bragard C, Koebnik R, Osdaghi E. Molecular typing reveals high genetic diversity of *Xanthomonas translucens* strains infecting small-grain cereals in Iran. *Appl Environ Microbiol.* 2019;85(20): e01518—19. doi: 10.1128/AEM.01518-19
4. Tambong JT. Bacterial Pathogens of Wheat: Symptoms, Distribution, Identification, and Taxonomy. In: Ansari M. (ed.) *Wheat—Recent Advances*. IntechOpen; 2022. doi: 10.5772/intechopen.102855
5. González D, Corzo-Lopez M, Márquez OP, Cruz A, Martínez B, Martínez, Y. Characterization and diagnosis of *Pseudomonas fuscovaginae* Miyajima, Tanii and Akita, causal agent of the Brown Sheath Rot in rice. *Biotecnología Aplicada.* 2017;34(2):2101—2108.
6. An JH, Noh YH, Kim YE, Lee HI, Cha JS. Development of PCR and TaqMan PCR assays to detect *Pseudomonas coronafaciens*, a causal agent of halo blight of oats. *Plant Pathology.* 2015;31(1):25—32. doi: 10.5423/PPJ.OA.09.2014.0096

7. Iqbal MA, Ullah I, Shahbaz MU, Kamran M, Saleem K. Biochemical and molecular identification of *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* causing bacterial leaf streak of wheat in Punjab, Pakistan. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2014;47(4):417–424. doi: 10.1080/03235408.2013.811030
8. Adorada DL, Stodart BJ, Pangga IB, Ash GJ. Implications of bacterial contaminated seed lots and endophytic colonization by *Pseudomonas fuscovaginae* on rice establishment. *Plant Pathology*. 2015;64(1):43–50. doi: 10.1111/ppa.12243
9. Verma A, Agrawal K. Location and histopathology of seed-borne bacterial pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* carried by pea seeds. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. 2018;6(1):20–22. doi: 10.7324/JABB.2018.60104
10. Valencia-Boñín AJ, Cisneros-Opez ME. A Review of the studies and interactions of *Pseudomonas syringae* pathovars on wheat. *International Journal of Agronomy*. 2012;2012:692350. doi: 10.1155/2012/692350
11. Moon YJ, Lee SY, Oh SW. A Review of isothermal amplification methods and food-origin inhibitors against detecting food-borne pathogens. *Foods*. 2022;11(3):322. doi: 10.3390/foods11030322
12. Mizuno S, Sakurai T, Nabasama M, Kawakami K, Hiroe A, Taguchi S, Tsuge T. The influence of medium composition on the microbial secretory production of hydroxyalkanoate oligomers. *General Applied Microbiology*. 2021;67(4):134–141. doi: 10.2323/jgam.2020.09.002
13. Slovareva OY. Detection and identification of wheat and barley pathogens in the Russian Federation. *Microbiology Independent Research Journal*. 2020;7(1):13–23. doi: 10.18527/2500-2236-2020-7-1-13-23
14. Guilbaud C, Morris CE, Barakat M, Ortet P, Berge O. Isolation and identification of *Pseudomonas syringae* facilitated by a PCR targeting the whole *P. syringae* group. *FEMS Microbiology Ecology*. 2016;92(1):fiv146. doi: 10.1093/femsec/fiv146
15. Slovareva OY, Starikova EV, Muvingi M. Development of new PCR tests for diagnostics of the agent of bacterial leaf streak of wheat *Xanthomonas translucens*. *Plant Health and Quarantine*. 2021;2(6):37–49. (In Russ.).
Словарева О., Старикова Е., Муvingи М. Разработка новых ПЦР-тестов для диагностики возбудителя черного бактериоза зерновых культур *Xanthomonas translucens* // Фитосанитария. Карантин растений. 2021. № 2(6). С. 37–49.

Об авторах:

Муvingи Муфаро — аспирант агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: mufaromuvingi@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7700-1296

Словарева Ольга Юрьевна — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела организации межлабораторных сличительных испытаний, Всероссийский центр карантина растений, Российская Федерация, 140150, Московская область, г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: slovareva.olga@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6022-5955

Заргар Мейсам — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: zargar-m@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-5208-0861

About authors:

Muvingi Mufaro — PhD student, Agrobiotechnology Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, email: mufaromuvingi@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7700-1296

Slovareva Olga Yurievna — Candidate of Science (Biology), Junior Researcher, Department of Organization of Interlaboratory Comparison Tests, All-Russian Plant Quarantine Center, 32 Pogranchnaya st., Bykovo vill., Ramenskoye, Moscow Region, 140150, Russian Federation, email: slovareva.olga@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6022-5955

Zargar Meisam — Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Agrobiotechnology Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, email: zargar-m@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-5208-0861



Животноводство Animal breeding


DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-484-498

УДК 636.2.034

Научная статья / Research article

Воспроизводительные способности и молочная продуктивность коров в зависимости от физиологического статуса в период лактации

М.В. Корнелаева , **Г.Г. Карликова**  

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
г. Подольск, Российская Федерация
 karlikovagalina@yandex.ru

Аннотация. В условиях интенсивного скотоводства возрастает вероятность случаев заболевания эндометритом, маститом и болезнями конечностей у коров из-за нарушения технологий содержания, кормления, доения, несоблюдения санитарных требований, в особенности в послеродовой период. Эти заболевания отрицательно сказываются на воспроизводительных и продуктивных качествах животных, нанося тем самым большой финансовый ущерб агробизнесу. Следовательно, вопрос об увеличении долголетия животных, уменьшении процента выбытия их вследствие заболеваний различной природы, а также уменьшении риска экономически значимых заболеваний в молочных стадах посредством отбора и подбора животных с высокой резистентностью к наиболее распространенным болезням высокопродуктивных стад является актуальным. Цель исследований — изучение фенотипической взаимосвязи уровня фертильности и молочной продуктивности коров черно-пестрой голштинизированной породы с разными комплексами заболеваний на примере хозяйства Московской области. Материалами исследований послужили 1234 записи с учтенными заболеваниями: эндометритом, маститом и заболеваниями конечностей, полученные из ветеринарных амбулаторных журналов 2015—2021 гг. племенной организации. Информация о 5 признаках молочной продуктивности и 3 признаках фертильности исследуемой популяции черно-пестрого голштинизированного молочного скота взята из базы данных по разведению молочного скота ИАС «Селэкс». В результате исследований у больных животных в сравнении со здоровы-

© Корнелаева М.В., Карликова Г.Г., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

ми отмечено достоверное ($p < 0,01$) увеличение: кратности осеменения в среднем за лактацию в 0,7 раза (33,5 %), сервис-периода — на 11 дней (7,3 %), дойных дней — на 16 (4,35 %). В среднем были выше, чем у здоровых животных: удой на 1365 кг, или на 19,4 % ($p < 0,01$), массовая доля жира и белка — на 0,32 и 0,33 % ($p < 0,01$) соответственно, выход жира и белка — на 82 и 69 кг ($p < 0,01$) соответственно. При сравнении показателей у животных с одним, двумя и тремя заболеваниями были получены достоверные различия между группами как с единичными заболеваниями, так и с комплексами. По фертильности показатели достоверно увеличивались с числом заболеваний от 4 до 20 % для отдельных признаков. По признакам молочной продуктивности наблюдалась тенденция снижения показателей с ростом количества заболеваний.

Ключевые слова: дойные коровы, нарушение здоровья, фертильность, молочная продуктивность, голштиinizированная порода

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Благодарности. Финансирование. Исследования проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, регистрационный номер темы Госзадания 0445-2021-0016.

История статьи: поступила в редакцию 18 августа 2022 г., принята к публикации 6 октября 2022 г.

Для цитирования: *Корнелаева М.В., Карликова Г.Г.* Воспроизводительные способности и молочная продуктивность коров в зависимости от физиологического статуса в период лактации // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство.* 2022. Т. 17. № 4. С. 484—498. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-484-498

Reproductive capacity and milk production of cows depending on their physiological status during lactation

Maria V. Kornelaeva , Galina G. Karlikova  

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, *Podolsk, Russian Federation*
 karlikovagalina@yandex.ru

Abstract. Due to violation of husbandry, feeding, milking, non-observance of sanitary requirements, especially in postpartum period, cases of endometritis, mastitis and limb diseases in cows increase in conditions of intensive cattle breeding. These diseases adversely affect reproductive and productive qualities of animals, thus causing great financial losses to agribusiness. Therefore, increasing longevity of animals, reducing percentage of their elimination due to various diseases, reducing risk of economically significant diseases in dairy herds by selecting highly productive animals with high resistance to common diseases are relevant. The aim of the research was to study phenotypic relationship between fertility level and milk production of black-motley Holsteinized cows with different diseases at the farm in Moscow region. The research materials were 1234 records of diseases — endometritis, mastitis and limb diseases — obtained from veterinary outpatient logs (2015—2021) of the breeding organization. Information about 5 signs of milk productivity and 3 signs of fertility of the studied population of black-motley Holsteinized dairy cattle was taken from ‘Seleks’ database. According to the results, significant ($p < 0.01$) increase was observed in sick animals in comparison with healthy ones: number of inseminations per lactation — by 33.5 %, open days — by 7.3 %, milk days — by 4.35 %. Milk yield was higher by 19.4 % ($p < 0.01$), fat and protein mass fraction — by 0.32 and 0.33 % ($p < 0.01$), respectively,

fat and protein yield—by 82 and 69 kg ($p < 0.01$), respectively, compared to healthy animals. When comparing the indices in animals with one, two and three diseases, significant differences were obtained both between the groups with single diseases and complexes. For fertility traits, the indices increased significantly with the number of diseases from 4 to 20 % for individual traits. For milk production traits, there was a tendency for indices to decrease with increasing number of diseases.

Key words: dairy cows, health disorders, fertility, milk productivity, Holstein breed

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Funding: The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, State Assignment no. 0445-2021-0016.

Article history: Received: 18 August 2022. Accepted: 6 October 2022.

For citation: Kornelaeva MV, Karlikova GG. Reproductive capacity and milk production of cows depending on their physio-logical status during lactation. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(4):484—498. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-484-498

Введение

Молочное скотоводство—отрасль сельского хозяйства, экономическая эффективность которой зависит не только от уровня молочной продуктивности, но и от здоровья коров. Однако, в течение последних десятилетий селекция в молочном скотоводстве была сосредоточена на повышении молочной продуктивности, что привело к росту заболеваний репродуктивной системы, конечностей, вымени и, впоследствии, выбытию животных в стадах (до 70 %). В связи с этим возрос интерес к возможности повышения жизнеспособности и долголетия животных при сохранении высокой продуктивности селекционно-генетическими методами, что положительно скажется на рентабельности и прибыли отрасли [1—3].

Основные причины заболеваний—нарушения технологий содержания, кормления, доения, несоблюдение санитарных требований и т.д. Но в то же время присутствует небольшая доля генетической наследуемости заболеваний, что предполагает возможность повышения устойчивости к заболеваниям вымени, репродуктивной системы, лейкозу, нарушениям обмена веществ и другим болезням с помощью целенаправленного отбора и подбора животных [1—3].

К наиболее распространенным заболеваниям, наносящим огромный экономический ущерб хозяйствам всего мира, относятся эндометрит, мастит, заболевания конечностей.

Эндометрит—наиболее распространенное заболевание матки—представляет собой поверхностное воспаление эндометрия с наличием патогенных бактерий в матке, сохраняющееся более трех недель после отела [4, 5]. Распространенность этого заболевания в странах мира различна: количество коров от общего числа животных на фермах, заболевших клиническим эндометритом в Новой Зеландии—25,1...27,1 %, в США—15 %, в Мексике—18,2 %; субклинический эндометрит в США—13,4...53 % [4, 6].

Заболевания матки увеличивают число осеменений на оплодотворение, задерживают возобновление эстрального цикла, удлиняют лютеиновую фазу, ме-

жотельный интервал и сервис-период, снижают частоту оплодотворений [4, 5, 7]. Даже после успешного лечения эндометрит вызывает в дальнейшем удлинение сервис-периода в среднем на 30 дней [5].

В исследованиях авторы утверждают, что в сравнении со здоровыми особями, коровы с клиническим и субклиническим эндометритом при первом осеменении оплодотворялись хуже на 57,2 % ($p = 0,0002$) и 34,3 % ($p < 0,001$) соответственно и требовали на 1,4 и 1,1 больше осеменений на оплодотворение ($p < 0,001$) соответственно [8]. У групп с клиническим и субклиническим эндометритом период от осеменения до оплодотворения был соответственно на 50,3 и 43,1 дня больше ($p < 0,001$), чем у здоровой группы.

Помимо эндометрита как такового, на качество ооцитов, развитие оплодотворенных ооцитов также отрицательно влияет повышение температуры окружающей среды [4]. Поэтому необходимо уделять внимание животному не только с точки зрения ветеринарии, но и правильного содержания и кормления.

Кроме фертильности, эндометрит снижает и молочную продуктивность коров [7, 8]. Так, авторы [8] утверждают, что коровы с клиническим и субклиническим эндометритом давали молока на 4,4...4,5 кг меньше, чем здоровые коровы ($p < 0,001$). Причиной снижения выработки молока может быть воспаление эпителия матки, сопровождающееся болью, которая уменьшает потребление пищи и, следовательно, выход молока.

Мастит, также одно из самых распространенных заболеваний в молочных стадах, появляется под воздействием различных причин, связанных с содержанием, кормлением, генетической предрасположенностью к заболеваниям вымени, условиями климата [1, 2]. Клиническая форма диагностируется в ряде случаев у 20...25 % и более коров, а субклиническая — более чем у 50 % коров в стаде, причем эта форма мастита может сохраняться в течение двух лактаций при отсутствии своевременного и эффективного лечения [6, 9].

В процессе филогенеза между репродуктивными органами и молочной железой сформировалась тесная функциональная взаимосвязь. В результате коровы, страдающие разными заболеваниями, могут иметь плохое физическое состояние, ослабленный иммунитет и недостаточное обеспечение энергией, что повышает их восприимчивость к маститам, а также определяет его тяжесть и масштабы. Коровы с диагнозом «множественные заболевания» имеют более выраженное снижение фертильности и более нестабильную стельность, чем коровы, у которых диагностирован только мастит. Результаты многих работ свидетельствуют о том, что мастит и другие заболевания имеют кумулятивный эффект на репродуктивную систему, вызывая в ней сильные воспаления и ее повреждение, в частности из-за того, что некоторые бактериальные компоненты могут передаваться между органами [1, 2, 10, 11]. Увеличивает риск послеродовых заболеваний и высокая молочная продуктивность, так как она требует большего количества питательных веществ, что может привести к относительно низкой доступности энергии и, следовательно, недостаточной функции репродуктивной системы [11].

На репродуктивную функцию негативно влияет возникновение мастита в определенный послеродовой период (в первые сто дней после отела), а также содержание животных в условиях высокой температуры окружающей среды [6, 12].

В условиях интенсивного скотоводства возрастает вероятность случаев болезней конечностей у коров из-за травматизма, несоблюдения моциона, несбалансированного кормления, высокой молочной продуктивности.

Многие исследователи сообщают о нежелательном влиянии болезней конечностей на репродуктивную функцию [1, 2, 13]. Так, в хозяйствах с высокой распространенностью хромоты доля стельных коров была ниже, чем в благополучных хозяйствах. У хромотых коров вероятность отсутствия беременности была в 3,5 раза выше по сравнению со здоровыми ($p = 0,0001$). Анализ относительных долей показал, что, предотвратив хромоту, возможно увеличить общий процент стельности на фермах и у заболевших коров на 43 и 70 % соответственно [13].

Главным инструментом современной селекции в странах высокоразвитого молочного скотоводства является индексная система. До недавнего времени в селекционных индексах за рубежом учитывались признаки молочной продуктивности и экстерьера, теперь также включаются и параметры здоровья. Введение таких параметров показывает положительную динамику роста генетического уровня здоровья одновременно со значительным увеличением продуктивности и продолжительности продуктивной жизни животных [14—16]. Например, наследуемость на основе родословной и SNP была небольшой для всех признаков заболеваний матки с оценками до 0,07. Генетические корреляции между этими признаками с 305-дневной лактацией и признаками интервала фертильности были умеренно положительными. Таким образом, отбор на молочную продуктивность генетически связан с повышенной восприимчивостью к заболеваниям матки, что говорит о необходимости включения информации об этих заболеваниях в систему оценки, чтобы уменьшить риск экономически значимых заболеваний в молочных стадах [7].

В России на данный момент нет селекционного индекса, включающего в себя параметры здоровья, такие как метрит, задержка последа, мастит, хромота и другие, и отбор животных в основном ведется по признакам молочной продуктивности «жир-белок». Однако в хозяйствах остро стоит вопрос об увеличении долголетия животных и уменьшении процента выбытия их вследствие заболеваний различной природы. В связи с этим необходимо пересмотреть подход к отбору и подбору животных с высокой резистентностью к наиболее распространенным болезням высокопродуктивных стад.

Цель исследований — изучить фенотипическую взаимосвязь уровня фертильности и молочной продуктивности коров черно-пестрой голштинизированной породы с разными комплексами заболеваний на примере одного из хозяйств Московской области.

Материалы и методы исследования

Материалами исследований послужили данные по заболеваниям разных групп племенной организации, а именно ветеринарные амбулаторные журналы за период

2015—2021 гг. В результате оцифровки ветеринарных журналов и их обработки получены 1234 записи с учтенными заболеваниями: эндометритом, маститом и заболеваниями конечностей.

Информация исследуемой популяции взята из базы данных по разведению молочного скота ИАС «Селэкс». Исследования проводились на популяции черно-пестрого голштинизированного молочного скота по признакам молочной продуктивности за 305 дней лактации: удой, массовая доля жира и белка, выход жира и белка — и признакам фертильности: кратность осеменения в лактацию, продолжительность сервис-периода и дойных дней.

Чтобы оценить разницу между показателями молочной продуктивности у животных с одним заболеванием или комплексом из двух и трех заболеваний, записи были разделены на 7 групп по количеству учитываемых заболеваний, наблюдавшихся у коровы в течение лактации.

Для дальнейшего удобства заболевания обозначили литерами: эндометрит — Э, мастит — М, заболевания конечностей — К. Комбинации заболеваний обозначались со знаком «+», например: комбинация эндометрита и мастита — Э+М.

В табл. 1 показано количество записей в группах.

Таблица 1

Количество записей коров с разными группами заболеваний

№ группы	Заболевания	Число записей <i>n</i>
1	Эндометрит Э	888
2	Мастит М	309
3	Заболевания конечностей К	288
4	Эндометрит + мастит (Э+М)	163
5	Эндометрит + заболевания конечностей (Э+К)	171
6	Мастит + заболевания конечностей (М+К)	71
7	Эндометрит + мастит + заболевания конечностей (Э+М+К)	43

Table 1

Number of records of cows with different disease groups

Group no.	Diseases	Number of records <i>n</i>
1	Endometritis E	888
2	Mastitis M	309
3	Limb diseases L	288
4	Endometritis + Mastitis (E+M)	163
5	Endometritis + Limb diseases (E+L)	171
6	Mastitis + Limb diseases (M+L)	71
7	Endometritis + Mastitis + Limb diseases (E+M+L)	43

Также рассматривались изменения показателей признаков в группах у коров в разный возраст в лактациях. Распределение записей коров с разными группами заболеваний с учетом лактации приведено в табл. 2.

Таблица 2

Количество записей коров по группам заболеваний с учетом лактации

Номер лактации	Группа заболеваний						
	1 Э	2 М	3 К	4 Э+М	5 Э+К	6 М+К	7 Э+М+К
1	331	65	88	38	60	15	11
2	237	91	77	42	38	20	9
3	157	83	55	39	29	16	8
4	92	37	46	21	29	10	7
5	41	17	12	13	9	5	5
6	18	9	7	6	4	2	1
7 и старше	12	7	3	4	2	3	2
Всего	888	309	288	163	171	71	43

Примечание: расшифровку названий групп заболеваний см. в табл. 1.

Table 2

Number of records of cows by disease groups in view of lactation

Lactation number	Group of diseases						
	1 E	2 M	3 L	4 E+M	5 E+L	6 M+L	7 E+M+L
1	331	65	88	38	60	15	11
2	237	91	77	42	38	20	9
3	157	83	55	39	29	16	8
4	92	37	46	21	29	10	7
5	41	17	12	13	9	5	5
6	18	9	7	6	4	2	1
7 and up	12	7	3	4	2	3	2
TOTAL	888	309	288	163	171	71	43

Note: for decoding of the names of disease groups, see Table. 1.

Результаты исследований и обсуждение

Для определения влияния наличия заболевания на признаки фертильности и молочной продуктивности было проведено сравнение здоровых коров и коров, у которых в лактации было хотя бы одно заболевание (табл. 3).

**Признаки воспроизводства и молочной продуктивности (за 305 дней)
у здоровых коров и коров с заболеваниями**

Признак	Здоровые (9231 записей)	Больные (1234 записей)
Кратность осеменения, раз	2,1±0,02***	2,8±0,06***
Сервис-период, дни	150±1,15***	161±2,75***
Дойные дни, дни	360±1,07***	375±2,60***
Удой, кг	7034±15,7***	8398±44,9***
Массовая доля жира,%	4,09±0,01***	4,41±0,01***
Выход жира, кг	288±0,7***	370±2,3***
Массовая доля белка,%	3,08±0,01***	3,41±0,01***
Выход белка, кг	217±0,5***	286±1,7***

Примечание: ***p < 0,01.

Table 3

**Reproduction traits and milk production traits (in 305 days)
in healthy cows and cows with diseases**

Trait	Healthy (9231)	Diseased (1234)
Insemination rate, times	2.1±0.02***	2.8±0.06***
Open days, days	150±1.15***	161±2.75***
Milk days, days	360±1.07***	375±2.60***
Milk yield, kg	7034±15.7***	8398±44.9***
Mass fraction of fat,%	4.09±0.01***	4.41±0.01***
Fat yield, kg	288±0.7***	370±2.3***
Mass fraction of protein,%	3.08±0.01***	3.41±0.01***
Protein yield, kg	217±0.5***	286±1.7***

Note: ***p < 0.01.

У больных животных в сравнении со здоровыми отмечено достоверное ($p < 0,01$) увеличение кратности осеменения в лактацию в 0,7 раз (33,49 %), сервис-периода — на 10,94 дня (7,30 %), дойных дней — на 15,66 (4,35 %). У больных коров удой в среднем был выше на 1365 кг (19,39 %), массовая доля жира и белка — на 0,32 и 0,33 % соответственно, выход жира и белка — на 82 и 69 кг соответственно.

Результаты наших исследований подтвердили, что высокопродуктивные животные более подвержены заболеваниям, нежели коровы с более низким удоём. Это связано с недостаточным энергетическим балансом рациона и стрессом, которые корова испытывает во время отела и лактации.

Сравнивая данные показателей фертильности и продуктивности у коров с разными заболеваниями и их комплексами, необходимо отметить, что по признакам фертильности были более очевидные тенденции и оказалось больше достоверных разниц значений, чем по признакам продуктивности.

Кратность осеменения, продолжительность сервис-периода и количество дойных дней растут с ростом количества заболеваний, так как новые заболевания являются дополнительным стрессовым фактором, снижая оплодотворяемость больных коров.

По признаку кратности осеменения наблюдается тенденция увеличения показателей с ростом количества заболеваний (от одного к трем) (табл. 4). Наименьшие значения показали коровы, больные эндометритом (2,77 раз). Достоверное ухудшение показателей наблюдалось при одновременном появлении у коров и эндометрита, и мастита — 3,18 раз ($p < 0,05$).

Таблица 4

**Признаки воспроизводства и молочной продуктивности (за 305 дней)
у коров с заболеваниями в разных группах**

Признак	Группа заболеваний						
	1 Э	2 М	3 К	4 Э+М	5 Э+К	6 М+К	7 Э+М+К
Кратность осеменения, раз	2,77 ±0,07	2,93 ±0,12	2,92 ±0,11	3,18 ±0,18 ^В	2,92 ±0,14	2,92 ±0,21	3,19 ±0,29
Сервис-период, дни	160 ±3,2	168 ±5,7	181 ±6,2 ^А	183 ±8,6 ^А	188 ±8,3 ^А	172 ±12,2	192 ±17,7 ^С
Дойные дни, дни	375 ±3,0	377 ±5,2	394 ±5,8 ^А	390 ±7,9 ^С	400 ±7,9 ^А	385 ±11,8	404 ±16,9 ^С
Удой, кг	8428 ±52,9	8224 ±92,9 ^С	8275 ±88,7	8296 ±128,8	8282 ±111,1	8187 ±177,2	8207 ±212,3
Массовая доля жира, %	4,39 ±0,02	4,46 ±0,03 ^С	4,43 ±0,03	4,42 ±0,04	4,41 ±0,04	4,49 ±0,07	4,45 ±0,09
Выход жира, кг	369 ±2,7	366,33 ±4,6	366 ±4,4	367 ±6,7	365 ±5,5	366 ±8,9	365 ±11,5
Массовая доля белка, %	3,41 ±0,01	3,42 ±0,01	3,40 ±0,01	3,44 ±0,02	3,42 ±0,02	3,41 ±0,02	3,44 ±0,03
Выход белка, кг	287±1,9	281 ±3,3	281 ±3,2 ^С	285 ±4,6	283 ±4,0	279 ±6,2	282 ±7,2

Примечание: ^А – $p < 0,01$; ^В – $p < 0,05$; ^С – $p < 0,1$. Расшифровку названий групп заболеваний см. в табл. 1.

Table 4

**Reproduction traits and milk production traits (in 305 days)
in cows with diseases in different groups**

Trait	Groups of diseases						
	1 E	2 M	3 L	4 E+M	5 E+L	6 M+L	7 E+M+L
Insemination rate, times	2.77 ±0.07	2.93 ±0.12	2.92 ±0.11	3.18 ±0.18 ^B	2.92 ±0.14	2.92 ±0.21	3.19 ±0.29
Open days, days	160 ±3.2	168 ±5.7	181 ±6.2 ^A	183 ±8.6 ^A	188 ±8.3 ^A	172 ±12.2	192 ±17.7 ^C

Ending of table 4

Milk days, days	375 ±3.0	377 ±5.2	394 ±5.8 ^A	390 ±7.9 ^C	400 ±7.9 ^A	385 ±11.8	404 ±16.9 ^C
Milk yield, kg	8428 ±52.9	8224 ±92.9 ^C	8275 ±88.7	8296 ±128.8	8282 ±111.1	8187 ±177.2	8207 ±212.3
Mass fraction of fat, %	4.39 ±0.02	4.46 ±0.03 ^C	4.43 ±0.03	4.42 ±0.04	4.41 ±0.04	4.49 ±0.07	4.45 ±0.09
Fat yield, kg	369 ±2.7	366.33 ±4.6	366 ±4.4	367 ±6.7	365 ±5.5	366 ±8.9	365 ±11.5
Mass fraction of protein, %	3.41 ±0.01	3.42 ±0.01	3.40 ±0.01	3.44 ±0.02	3.42 ±0.02	3.41 ±0.02	3.44 ±0.03
Protein yield, kg	287 ±1.9	281 ±3.3	281 ±3.2 ^C	285 ±4.6	283 ±4.0	279 ±6.2	282 ±7.2

Note: ^A – $p < 0.01$; ^B – $p < 0.05$; ^C – $p < 0.1$. For decoding of the names of disease groups, see Table. 1.

Показатели сервис-периода возрастали по той же тенденции, что и показатели кратности осеменения, а также было больше достоверных различий между группами по этому признаку. У коров, больных одновременно эндометритом, маститом и имеющих проблемы с конечностями, сервис-период удлиняется на 20 %, в сравнении с животными, которые больны, например, только эндометритом, и на 28 % в сравнении со здоровыми животными.

У коров, больных эндометритом, маститом и с больными конечностями, дойные дни были достоверно более продолжительными, чем у коров с одним заболеванием (эндометритом и больными конечностями), — 404 дня против 375 и 394 дней. Этот период так же, как уже рассмотренные признаки фертильности, имел тенденцию к увеличению с ростом количества заболеваний коровы в лактацию.

Величина удоя у исследуемых групп животных варьировала от 8187 до 8428 кг. Единственной достоверной была разница между 1-й и 2-й группами ($p < 0,1$) (8428 и 8224 кг соответственно). Прослеживалась тенденция к снижению показателей с ростом количества заболеваний в лактацию. Предположительно, что наличие мастита у коров имеет большее влияние на уровень удоя за 305 дней лактации, чем другие заболевания. Необходимо отметить, что заболевание эндометритом оказывает меньшее влияние на величину удоя, чем мастит и заболевания конечностей.

Средние значения в группах по признакам массовой доли жира и белка и выходу жира и белка имеют очень небольшие различия и находятся в пределах 4,39...4,49 % для МДЖ, 3,40...3,44 % для МДБ, 365...369 кг для выхода жира, 279...287 кг для выхода белка. Единственные достоверные значения были между 1-й и 2-й группами по признаку МДЖ ($p < 0,1$) (4,39 и 4,46 % соответственно), а также между 3-й и 1-й группами по признаку выхода белка ($p < 0,1$) (281 и 287 кг соответственно).

Мы изучили динамику показателей воспроизводства и удоя у коров с разными заболеваниями и комплексами заболеваний в зависимости от возраста. Рассматривались различия между животными в возрасте 1-й, 3-й, 7-й лактаций и старше.

Показатели кратности осеменения имеют четкую тенденцию — с возрастом коровы они улучшаются (табл. 5). Во группах 2, 3, 4 и 6 есть достоверные различия

между коровами разных возрастов, что соответствует тенденции. Исключением из правила оказались животные 1-й группы, больные эндометритом. Здесь тенденция была обратной — с возрастом коровы хуже осеменялись, и наибольшие показатели были присущи коровам в возрасте 7-й лактации и старше.

Таблица 5

Показатели кратности осеменения и сервис-периода у коров разного возраста во всех группах

Группы заболеваний	Кратность осеменения, раз			Сервис-период, дни		
	Лактация			Лактация		
	1-я	3-я	7-я и старше	1-я	3-я	7-я и старше
1 (Э)	2,77±0,11	2,85±0,17	3,00±0,43	165±5,6	157±7,4	150±18,4
2 (М)	3,26±0,31	3,29±0,26	1,86±0,34 ^А	189±15,5	172±10,0	106±18,5 ^А
3 (К)	3,14±0,20	2,60±0,23 ^С	2,00±0,58 ^С	202±12,2	160,71±13,2 ^В	97,67±23,1 ^А
4 (Э+М)	3,53±0,46	3,69±0,43	2,25±0,48 ^С	208±23,2	189±16,3	118±27,6 ^В
5 (Э+К)	3,03±0,23	2,59±0,29	2,50±0,50	197±14,3	169±17,8	103±39,0 ^В
6 (М+К)	3,80±0,58	3,00±0,40	2,00±0,58 ^В	240±35,4	169±19,9 ^С	98±23,1 ^А
7 (Э+М+К)	3,91±0,77	3,50±0,57	2,50±0,50	251±47,3	190±30,8	103±39,0 ^В

Примечание: ^А— p < 0,01; ^В— p < 0,05(); ^С— p < 0,1 (сравнение в группе с первой лактацией). Расшифровку названий групп заболеваний см. в табл. 1.

Table 5

Indices of insemination rate and open days in cows of different ages in all groups

Groups of diseases	Insemination rate, times			Open days, days		
	Lactation			Lactation		
	1	3	7 and up	1	3	7 and up
1 (E)	2.77±0.11	2.85±0.17	3.00±0.43	165±5.6	157±7.4	150±18.4
2 (M)	3.26±0.31	3.29±0.26	1.86±0.34 ^A	189±15.5	172±10.0	106±18.5 ^A
3 (L)	3.14±0.20	2.60±0.23 ^C	2.00±0.58 ^C	202±12.2	160.71±13.2 ^B	97.67±23.1 ^A
4 (E+M)	3.53±0.46	3.69±0.43	2.25±0.48 ^C	208±23.2	189±16.3	118±27.6 ^B
5 (E+L)	3.03±0.23	2.59±0.29	2.50±0.50	197±14.3	169±17.8	103±39.0 ^B
6 (M+L)	3.80±0.58	3.00±0.40	2.00±0.58 ^B	240±35.4	169±19.9 ^C	98±23.1 ^A
7 (E+M+L)	3.91±0.77	3.50±0.57	2.50±0.50	251±47.3	190±30.8	103±39.0 ^B

Note: ^A— p < 0.01; ^B— p < 0.05(); ^C— p < 0.1 (comparison in the group with first lactation). For decoding of the names of disease groups, see Table. 1.

Самый длительный сервис-период во всех группах достоверно был у первотелок, самый короткий — у коров в возрасте 7-й лактации и старше. Вместе с тем, А.Е. Болговым получены обратные результаты: наименьшие показатели сервис-периода были в группе у первотелок с больными конечностями [2].

Тенденция продолжительности дойных дней повторяет тенденцию по признакам кратности осеменения и продолжительности сервис-периода (табл. 6). Достоверно самая большая продолжительность дойных дней во всех группах была у первотелок, самая короткая — у коров в возрасте 7-й лактации и старше.

Таблица 6

Показатели дойных дней и удоя у коров разного возраста во всех группах

Группы заболеваний	Дойные дни			Удой		
	Лактация			Лактация		
	1-я	3-я	7-я и старше	1-я	3-я	7-я и старше
1 (Э)	383±5,5	369±6,6	356±16,4	7689±68,66	9070±128,3 ^A	7342±332,7
2 (М)	405±15,1	378±8,8	316±13,5 ^A	7344±127,3	8745±186,5 ^A	6570±289,2 ^B
3 (К)	418±11,5	373±12,4 ^A	314±19,7 ^A	7652±122,8	8532±207,2 ^A	6942±325,2 ^B
4 (Э+М)	421±22,6	390±13,6	322±16,7 ^A	7356±172,8	8752±273,2 ^A	7116±181,8
5 (Э+К)	417±14,2	381±16,0 ^C	318±33,5 ^A	7787±148,9	8601±276,7 ^B	7264±83,0 ^A
6 (М+К)	461±34,8	378±18,8 ^B	314±19,7 ^A	7572±282,3	8385±374,0 ^C	6942±325,2
7 (Э+М+К)	472±46,4	402±23,5	318±33,5 ^B	7804±261,2	8347±442,3	7264±83,0 ^C

Примечание: ^A— $p < 0,01$; ^B— $p < 0,05$; ^C— $p < 0,1$ (сравнение в группе с первой лактацией). Расшифровку названий групп заболеваний см. в табл. 1.

Table 6

Indices of milk days and milk yield in cows of different ages in all groups

Groups of diseases	Milk days, days			Milk yield, kg		
	Lactation			Lactation		
	1	3	7 and up	1	3	7 and up
1 (E)	383±5.5	369±6.6	356±16.4	7689±68.66	9070±128.3 ^A	7342±332.7
2 (M)	405±15.1	378±8.8	316±13.5 ^A	7344±127.3	8745±186.5 ^A	6570±289.2 ^B
3 (L)	418±11.5	373±12.4 ^A	314±19.7 ^A	7652±122.8	8532±207.2 ^A	6942±325.2 ^B
4 (E+M)	421±22.6	390±13.6	322±16.7 ^A	7356±172.8	8752±273.2 ^A	7116±181.8
5 (E+L)	417±14.2	381±16.0 ^C	318±33.5 ^A	7787±148.9	8601±276.7 ^B	7264±83.0 ^A
6 (M+L)	461±34.8	378±18.8 ^B	314±19.7 ^A	7572±282.3	8385±374.0 ^C	6942±325.2
7 (E+M+L)	472±46.4	402±23.5	318±33.5 ^B	7804±261.2	8347±442.3	7264±83.0 ^C

Note: ^A— $p < 0.01$; ^B— $p < 0.05$; ^C— $p < 0.1$ (comparison in the group with first lactation).

For decoding of the names of disease groups, see Table. 1.

Для признака удоя наблюдалась следующая тенденция: удои увеличивались от 1-й к 3-й лактации, достигая своего пика, после чего снижались к 7-й и старше лактациям, где были ниже, чем в 1-й лактации. Наибольшие показатели удоя во всех лактациях принадлежали коровам, больным эндометритом. Можно сделать вывод, что эндометрит оказывает наименьшее влияние на удои, чем мастит и заболевания конечностей. А значит наибольший экономический ущерб с точки зрения молочной продуктивности оказывают заболевания конечностей и мастит.

Заключение

У больных животных в сравнении со здоровыми отмечено достоверное ($p < 0,01$) увеличение кратности осеменения в среднем за лактацию в 0,7 раза (33,5 %), сервис-периода — на 11 дней (7,3 %), дойных дней — на 16 (4,35 %). Удой в среднем был выше, чем у здоровых животных, на 1365 кг, или 19,4 % ($p < 0,01$), массовая доля жира и белка — на 0,32 и 0,33 % ($p < 0,01$) соответственно, выход жира и белка — на 82 и 69 кг ($p < 0,01$) соответственно.

При сравнении показателей у животных с одним, двумя и тремя заболеваниями были получены достоверные различия как между группами с единичными заболеваниями, так и имеющими комплексы заболеваний. По фертильности показатели достоверно увеличивались с числом заболеваний от 4 до 20 % для отдельных признаков. По признакам молочной продуктивности наблюдалась тенденция снижения показателей с ростом количества заболеваний.

Библиографический список

1. Грачев В.С., Брагинец С.А., Алексеева А.Ю. Анализ влияния различных факторов на продуктивность и долголетие молочного скота // Сельскохозяйственные науки: ветеринария и зоотехния. 2020. № 61. С. 73—79. doi: 10.24411/2078-1318-2020-14073
2. Иванова И.П., Григорьев М.Е., Пилипчук В.К. Технологические аспекты повышения продуктивного долголетия молочных стад // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 95—103.
3. Карликов Д.В. Селекция скота на устойчивость к заболеваниям. М.: Россельхозиздат, 1984. 191 с.
4. Dallago G.M., Wade K.M., Cue R.I., McClure J.T., Lacroix R., Pellerin D., Vasseur E. Keeping dairy cows for longer: a critical literature review on dairy cow longevity in high milk-producing countries // Animals. 2021. Vol. 11. № 33. P. 808. doi: 10.3390/ani11030808
5. Lindgren M.A. Factors affecting reproductive performance and health in dairy cows in Tajikistan. Uppsala: Veterinary Medicine, 2017.
6. Torres E., Mellado M., Leyva C., García J.E., Véliz F.G., Hernández-Bustamante J. Serum metabolites and body condition score associated with metritis, endometritis, ketosis, and mastitis in Holstein cows // Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 2020. Vol. 55. P. 1—10. doi: 10.1590/S 1678—3921.pab2020.v55.01308
7. May K., Sames L., Schepher C., König S. Genomic loci and genetic parameters for uterine diseases in first-parity Holstein cows and associations with milk production and fertility // Journal of Dairy Science. 2022. Vol. 105. № 1. P. 509—524. doi: 10.3168/jds.2021-20685
8. Paiano R.B., Bonilla J., Pugliesi G., Moreno A.M., Baruselli P.S. Assessment of clinical and subclinical endometritis impacts on the reproductive performance and milk production of dairy cows in Brazilian herds // Research Square (internet resource). 2022. P. 1—12. doi: 10.21203/rs.3.rs-1585629/v1
9. Родин Н.В. Верификация диагноза и терапия коров в начале лактации при синдроме «мастит-эндометрит»: дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2016.
10. Purba F.Y., Suzuki N., Isobe N. Association of endometritis and ovarian follicular cyst with mastitis in dairy cows // Journal of Veterinary Medical Science. 2021. Vol. 83. № 2. P. 338—343. doi: 10.1292/jvms.20-0652
11. Wang N., Zhou Ch., Basang W., Zhu Y., Wang X., Li Ch., Chen L., Zhou X. Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: a review // Reproduction in Domestic Animals. 2021. Vol. 56. № 9. P. 1165—1175. doi: 10.1111/rda.13953
12. Smulski S., Gehrke M., Libera K., Cieslak A., Huang H., Patra A.K., Szumacher-Strabel M. Effects of various mastitis treatments on the reproductive performance of cows // BMC Veterinary Research. 2020. Vol. 99. № 16. P. 1—10. doi: 10.1186/s12917-020-02305-7

13. Ratanapob N., Thiangtum W., Rukkamsuk Th., Srisomrun S., Panneum S., Arunvipas P. The relationship between lameness and reproductive performance in dairy cows raised in small holder farms, Thailand // *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*. 2020. Vol. 42. № 4. P. 766—770.
14. Скачкова О.А., Бригида А.В. Влияние геномной селекции на улучшение здоровья у высокоудойных коров // *Ветеринария и кормление*. 2021. № 6. С. 48—50. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-6-12
15. Смирнова О.В. Селекция на устойчивость к заболеваниям копыт в популяциях молочного скота в странах Северной Европы // *Генетика и разведение животных*. 2017. № 2. С. 73—78.
16. Rostellato R., Promp J., Leclerc H., Mattalia S., Friggens N.C., Boichard D., Ducrocq V. Influence of production, reproduction, morphology, and health traits on true and functional longevity in French Holstein cows // *Journal of Dairy Science*. 2021. Vol. 104. № 12. P. 12664—12678. doi: 10.3168/jds.2020-19974

References

1. Grachev VS, Braginets SA, Alekseeva AY. Analysis of the impact of various factors on the productivity and longevity of dairy cattle. *Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2020;(61):73—79. (In Russ.). doi: 10.24411/2078-1318-2020-14073
2. Ivanova IP, Grigoriev ME, Pilipchuk VK. Technological aspects of increasing the productive longevity of dairy herds. *Molochnokhozayistvenny vestnik*. 2020;(2):95—103. (In Russ.).
3. Karlikov DV. *Seleksiya skota na ustoichivost' k zabolevaniyam* [Selection of livestock for disease resistance]. Moscow: Rossel'khozizdat publ.; 1984. (In Russ.).
4. Dallago GM, Wade KM, Cue RI, McClure JT, Lacroix R, Pellerin D, et al. Keeping dairy cows for longer: a critical literature review on dairy cow longevity in high milk-producing countries. *Animals*. 2021;11(3):808. doi: 10.3390/ani11030808
5. Lindgren MA. *Factors affecting reproductive performance and health in dairy cows in Tajikistan*. Uppsala; 2017.
6. Torres E, Mellado M, Leyva C, García JE, Véliz FG, Hernández-Bustamante J. Serum metabolites and body condition score associated with metritis, endometritis, ketosis, and mastitis in Holstein cows. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2020;55:e01308. doi: 10.1590/S 1678-3921.pab2020.v55.01308
7. May K, Sames L, Scheper C, König S. Genomic loci and genetic parameters for uterine diseases in first-parity Holstein cows and associations with milk production and fertility. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(1):509—524. doi: 10.3168/jds.2021-20685
8. Paiano RB, Bonilla J, Pugliesi G, Moreno AM, Baruselli PS. Assessment of clinical and subclinical endometritis impacts on the reproductive performance and milk production of dairy cows in Brazilian herds. *Research Square*. 2022:1—12. doi: 10.21203/rs.3.rs-1585629/v1
9. Rodin NV. *Verifikatsiya diagnoza i terapiya korov v nachale laktatsii pri sindrome «mastit-endometrit»* [Verification of diagnosis and therapy of cows with «mastitis-endometritis» syndrome at the beginning of lactation]. Saratov; 2016. (In Russ.).
10. Purba FY, Suzuki N, Isobe N. Association of endometritis and ovarian follicular cyst with mastitis in dairy cows. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2021;83(2):338—343. doi: 10.1292/jvms.20-0652
11. Wang N, Zhou C, Basang W, Zhu Y, Wang X, Li C, Chen L, Zhou X. Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: a review. *Reproduction in Domestic Animals*. 2021;56(9):1165—1175. doi: 10.1111/rda.13953
12. Smulski S, Gehrke M, Libera K, Cieslak A, Huang H, Patra AK, Szumacher-Strabel M. Effects of various mastitis treatments on the reproductive performance of cows. *BMC Veterinary Research*. 2020;16:99. doi: 10.1186/s12917-020-02305-7
13. Ratanapob N, Thiangtum W, Rukkamsuk T, Srisomrun S, Panneum S, Arunvipas P. The relationship between lameness and reproductive performance in dairy cows raised in small holder farms, Thailand. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*. 2020;42(4):766—770.
14. Skachkova OA, Brigida AV. Impact of genomic selection on health improvement of high-yielding cows. *Veterinaria i kormlenie*. 2021;(6):48—50. (In Russ.). doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-6-12

15. Smirnova OV. Selection for resistance to hoof disorders in dairy cattle populations in the Nordic countries. *Genetics and breeding of animals*. 2017;(2):73—78. (In Russ.).
16. Rostellato R, Promp J, Leclerc H, Mattalia S, Friggens NC, Boichard D, et al. Influence of production, reproduction, morphology, and health traits on true and functional longevity in French Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(12):12664—12678. doi: 10.3168/jds.2020-19974

Об авторах:

Карликова Галина Геннадьевна — доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Российская Федерация, 142132, г. Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: karlikovagalina@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-9021-1404

Корнелаева Мария Владимировна — аспирант, младший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Российская Федерация, 142132, г. Подольск, п. Дубровицы, д. 60; e-mail: marikornelaeva@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-5674-6694

About authors:

Karlikova Galina Gennadievna — Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Population Genetics and Genetic Fundamentals of Animal Breeding, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russian Federation; e-mail: karlikovagalina@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-9021-1404

Kornelaeva Maria Vladimirovna — Postgraduate Student, Junior Researcher, Department of Population Genetics and Genetic Fundamentals of Animal Breeding, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russian Federation; e-mail: marikornelaeva@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-5674-6694




DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-499-513

УДК 636.5 034

Научная статья / Research article

Разведение перепелов в личных подсобных хозяйствах с включением в рацион питания *Chlorella vulgaris*

Л.Н. Медведева¹  , О.В. Зорькина² , М.В. Московец¹ ¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград, Российская Федерация²Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация
 milena.medvedeva2012@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены отдельные аспекты повышения эффективности перепеловодства в России, в частности, возможности разведения перепелов в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ). Подчеркнуто, что в период кризисов, ЛПХ способны решать несколько задач: обеспечивать занятость сельских жителей, производить продукты питания, служить источником дополнительного дохода для семьи. В рационе питания среднестатистического россиянина потребление животного белка мяса птицы выросло до 34 кг. Цель исследования — изучение вопросов разведения перепелов на небольших площадках, в ЛПХ, включение в рацион питания птицы микроводоросли *Chlorella vulgaris*, которая стала интенсивно применяться в разных отраслях экономики, в частности, в животноводстве и оздоровлении природных водоемов. Применялись методы анализа, наблюдения, эксперимента, сопоставления; проводились фотографирование и хронометраж времени и ресурсов, затраченных на содержание птицы перепела. Изучалась российская и зарубежная научная литература, проводилось сопоставление изложенного материала с результатами, полученными в ходе эксперимента. Одним из аспектов успешного разведения перепелов является обеспечение сбалансированного питания — изучался состав кормов, производимых местными производителями для перепелов. На основе наблюдений и опытов, проведенных на перепелах породы Московский белый гигант в личном подсобном хозяйстве Е. Московец (Волгоградская область), доказана целесообразность введения в рацион питания кормовой добавки — штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, содержащей в достаточном количестве протеина, углеводов, жиров, витаминов, минеральных солей, микроэлементов. Показана технология выпаивания птицы *Chlorella vulgaris*, доказано, что это обеспечило выживаемость и сохранность перепелят, увеличение живого веса птицы, повышение рентабельности производства на 1,3 %. Представлены материалы, отражающие особенности питания и разведения перепелов с точным содержанием на небольших площадках, в личных подсобных хозяйствах.

© Медведева Л.Н., Зорькина О.В., Московец М.В., 2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: личные подсобные хозяйства, перепеловодство, *Chlorella vulgaris*, сохранность перепелят, рентабельность производства

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 2 августа 2022 г., принята к публикации 25 октября 2022 г.


Для цитирования: Медведева Л.Н., Зорькина О.В., Московец М.В. Разведение перепелов в личных подсобных хозяйствах с включением в рацион питания *Chlorella vulgaris* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 499–513. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-499-513

Use of *Chlorella vulgaris* as a dietary supplement for quails bred at private farms

Lyudmila N. Medvedeva¹  , Olga V. Zorkina² , Maria V. Moskovets¹ 

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

²Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

 milena.medvedeva2012@yandex.ru

Abstract. Some aspects of improving efficiency of quail breeding in Russia, in particular in private farms were studied. It is emphasized that in times of crisis, private farms are able to solve several problems: provide employment for rural residents, produce food, and serve as a source of additional income for people. In Russia, consumption of animal protein in poultry meat has increased to 34 kg. The aim of the research was to study the issues of breeding quails on small plots, at private farms; the use of *Chlorella vulgaris* microalgae in the diet of poultry, which has become intensively used in various sectors of the economy, in particular, in animal husbandry and improvement of natural reservoirs. Methods of analysis, observation, experiment, comparison were used in the course of the study; photographing and timing of resources spent on the maintenance of quail birds was carried out. The Russian and foreign scientific literature was studied, the presented material was compared with the results obtained during the experiment. One aspect of successful quail breeding is to ensure a balanced diet—composition of feeds produced by local producers for quails was studied. The observations and experiments carried out on Moscow White Giant quails at E. Moskovets private farm (Volgograd region) proved the expediency of introducing into the diet a feed additive—a strain of *Chlorella vulgaris* IFR C.111, which contains protein, carbohydrates, fats, vitamins, mineral salts, trace elements in sufficient quantities. The technology of poultry feeding with *Chlorella vulgaris* was shown. It resulted in higher survival rate of quails, increase in poultry live weight, and increase in profitability of production by 1.3 %. Data reflecting the conditions of quail keeping, feeding and cage breeding in small areas and/or private farms were shown.

Keywords: private farms, quail breeding, *Chlorella vulgaris*, survival rate, profitability of production

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 2 August 2022. Accepted: 25 October 2022.

For citation: Medvedeva LN, Zorkina OV, Moskovets MV. Use of *Chlorella vulgaris* as a dietary supplement for quails bred at private farms. *Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):499–513. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-499-513

Введение

С середины 1990-х гг. основную роль в производстве животноводческой продукции, а также отдельных видов овощей и картофеля, стали играть личные подсобные хозяйства (ЛПХ). Их возросшая роль объяснялась не столько значительным увеличением производства, сколько возрастанием их доли на фоне резкого сокращения производства в коллективных сельскохозяйственных организациях. К числу причин, стимулирующих развитие личных подсобных хозяйств, можно включить: отсутствие налогообложения, вынужденная самозанятость, получение дополнительных доходов. На фоне укрепления доходной части агрофирм и финансовой поддержки со стороны государства, роль ЛПХ значительно снизилась. В публикациях ВИАПИ им. А.А. Никонова личные хозяйства представлены несколькими группами: высокотоварные, производящие продукцию на рынок; среднетоварные, использующие хозяйства для получения дополнительного дохода; низкотоварные, производящие продукты для личного потребления. Ведение личных хозяйств требует значительных затрат ручного труда, постоянного вложения средств, а с другой стороны, открывает возможности для реализации идей [1]. Одним из направлений деятельности ЛПХ является разведение птицы [2]. На Россию приходится 5 % мирового производства мяса птицы (табл. 1). Рост потребления на душу населения приведена на рис. 1 [3, 4].

Таблица 1

Поголовье птицы по типам хозяйств РФ, 2019 г.

Наименование	Поголовье птицы, тыс.	Доля хозяйств, %		
		СХТП	КФХ, ИП	ЛПХ
Птица, всего	557 121	78	2	20
в т. ч. куры	512 928	82,4	1,9	20,1
утки	21 685	10	2,9	87,2
гуси	9 238	8,2	8,3	83,5
индейки	8 898	70,3	3,1	26,6
перепелки	4 016	64,1	22,0	13,9

Table 1

Poultry stock by types of farms in the Russian Federation, 2019

Poultry	Number of birds, thousand birds	Share of farms, %		
		Agricultural producers	Peasant farms, Individual entrepreneurs	Private farms
Total	557 121	78	2	20
chickens	512 928	82.4	1.9	20.1
ducks	21 685	10	2.9	87.2
geese	9 238	8.2	8.3	83.5
turkeys	8 898	70.3	3.1	26.6
quail	4 016	64.1	22.0	13.9

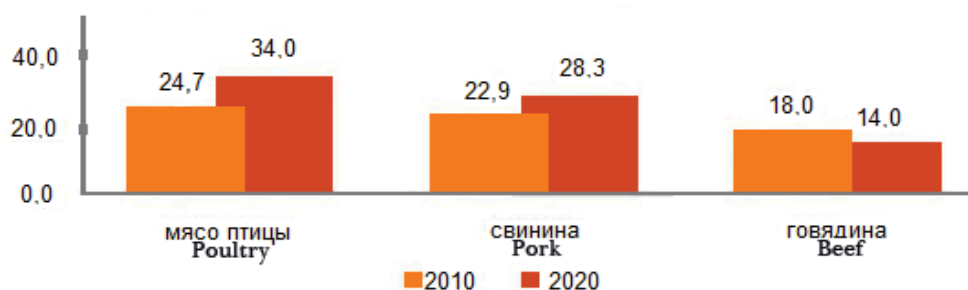


Рис. 1. Среднедушевое потребление животного белка, кг / год
Fig. 1. Average per capita consumption of animal protein, kg per year

Включение в рацион питания населения мяса и яиц перепелов — один из трендов здорового образа жизни [5]. В сравнении с другими представителями отряда курообразных (лат. Galliformes) перепела (лат. Coturnix) являются более мелкими, но обладают более высокими вкусовыми качествами. В перепелиных яйцах в значительном количестве содержатся витамины А, Р, К, В₁, В₂, С. Промышленное производство перепелов началось еще в СССР, в результате селекционной деятельности были выведены: Брвинувская, Эстонская, Лилипутская, Мраморная породы. По мнению экспертов, российский рынок продукции перепеловодства находится в стадии роста, обусловленного относительно короткой историей, складывающейся рыночной и экономической конъюнктурой [3]. Широкую известность получила продукция Угличской птицефабрики, Первой перепелиной компании, Воронежского перепелиного хозяйства, «Владимирского перепела». Можно выделить несколько основных и потенциальных потребителей перепелиной продукции (табл. 2) [4].

Таблица 2

Основные и потенциальные группы потребителей перепелиных яиц и мяса в Российской Федерации, 2022 г.

Группа населения	Процент от потребителей	Характеристика сегмента рынка
По медицинским показаниям	8	Растущий сегмент, обеспечивается пропагандой здорового питания, полезности
Группа ЗОЖ	10	Растущий сегмент рынка, вызванный популяризацией здорового образа жизни
Для детского питания	4	Прогрессирующий сегмент рынка, обеспечивается привлекательностью продукта
Потребители фастфуд	7	Потенциальный сегмент быстрого питания
По уровню дохода	6	Развивающийся сегмент, группа населения с высокими доходами
По отраслевому назначению	13	Перспективный сегмент, предприятия кондитерской, хлебопекарной, мясной отрасли

Table 2

**Main and potential consumer groups of quail eggs and meat
in the Russian Federation, 2022**

Group	Percentage of consumers	Characteristics of the market segment
For medical reasons	8	A growing segment, supported by promotion of healthy food
Healthy lifestyle	10	A growing market segment driven by promotion of a healthy lifestyle
Baby food	4	A progressive market segment, which is provided by attractiveness of product
Fast food consumers	7	Potential fast food segment
By income level	6	Growing segment, high-income population group
By industry purpose	13	A promising segment, enterprises of confectionery, bakery, meat industries

Исследование проведено с **целью изучения** перспектив разведения перепелов в ЛПХ и включения в рацион питания птицы микроводоросли *Chlorella vulgaris*.

Материалы и методы исследования

К числу основных преимуществ разведения перепелов можно отнести: высокую скорость роста, раннюю яйценоскость (в 35—45-дневном возрасте), устойчивую иммунную систему, возможность за год получить пять поколений птицы. На темпы увеличения живой массы перепелов определенное влияние оказывает половая принадлежность (прирост массы за первые 30 суток жизни у самцов меньше на 9,2 %, чем у самок), условия содержания и кормления [4]. Поскольку одной из особенностей перепелов является повышенная температура тела, на 2 °C выше, чем у других сельскохозяйственных птиц, то для содержания потребуется постоянный приток воздуха, что обеспечивается хорошей вытяжкой и вентиляцией. Для перепелов подходит клеточное и напольное содержание, на площади из расчета 115 см² на каждую птицу. Фронт кормления для взрослых особей—4 см, птенцов—1,5 см; поения для взрослой птицы—0,7 см, для птенцов—2 см. В число требований по содержанию входит: соблюдение микроклимата, норм питания и плотности посадки, освещенности, проведение лечебно-профилактических мероприятий [6—8].

Исследования, проведенные в 2015 г. Р. Гадиевым на гусятах в ООО «Башкирская птица», в 2018 г. В.В. Мелиховым на перепелах эстонской породы, в 2019 г. Е. Николаенко на перепелах на Кумылженской птицефабрике, показали эффективность применения хлореллы в качестве биологически активной добавки [9—12]. В исследованиях в ЛПХ Е. Московец (Михайловский район Волгоградской области) принимали участие ученые ФГБНУ ВНИИОЗ Л.Н. Медведева, М.В. Московец, доцент ФГБУ ВО ВолГУ О.В. Зорькина. В качестве объекта исследования были

выбраны перепела породы Московский белый гигант возрастом от 38 до 241 дня с клеточным содержанием: 30...32 головы в клетке, 1 самец на 2 самки. Были сформированы две группы перепелов: опытная и контрольная. Кормление птицы осуществлялось в соответствии с рекомендациями ВНИТИП, использовался гранулированный комбикорм, изготовленный на предприятиях Волгоградской области (рис. 2, табл. 3).



Рис. 2. Корм для перепелов, изготовленный в Волгоградской области

Fig. 2. Feed for quails produced at the enterprises of the Volgograd region

Таблица 3

Содержание полезных веществ в корме для перепелов

Изготовитель ИП Л.В. Денева, Волгоградская область ГОСТ Р51899–2002		Изготовитель ИНКОМ, Волгоградская область	
Наименование	Содержание, %	Наименование	Содержание, %
Сырой протеин	17,17	Сырой протеин	24,0
Лизин	–	Лизин	1,0
Сырая зола	6,25	Метионин и цистин	0,76
Сырой жир	4,72	Сырой жир	2,5
Сырая клетчатка	4,03	Сырая клетчатка	5,0
Микроэлементы, витамины в т. ч.			
Ca	1,21	Ca	3,45
P	0,46	A (тыс ME)	15,0
Na	0,20	D ₃ (тыс ME)	1,5
Cl	0,22	E (мг)	20,0
K	0,69	K	–

Table 3

Nutrient content of quail feed

Producer – L.V. Deneva, Volgograd region, Russia		Producer – INKOM, Volgograd region, Russia	
Component	Content, %	Component	Content, %
Crude protein	17.17	Crude protein	24.0
Lysine	–	Lysine	1.0
Crude ash	6.25	Methionine	0.76
Crude fat	4.72	Crude fat	2.5
Crude fiber	4.03	Crude fiber	5.0
Trace elements, vitamins			
Ca	1.21	Ca	3.45
P	0.46	A (thousand IU)	15.0
Na	0.20	D ₃ (thousand IU)	1.5
Cl	0.22	E (mg)	20.0
K	0.69	K	–

Согласно условиям эксперимента перепелам опытной группы давали штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в течение 20 дней каждого месяца с пятидневным перерывом. Результативность определяли по проценту выхода инкубационных яиц, уровню выводимости и сохранности цыплят, приросту живой массы в первые и последующие четырнадцать суток жизни. Биомасса хлореллы была получена в ФГБНУ ВНИИОЗ (Патент RU 1751981) (рис. 3) [10].



Рис. 3. Культивирование *Chlorella vulgaris*, ФГБНУ ВНИИОЗ, 2022 г. На фото Л.Н. Медведева

Fig. 3. Cultivation of *Chlorella vulgaris*, Zhitkov Russian Scientific Research Institute on Game Management and Fur Farming, 2022. In the photo – L.N. Medvedeva

В состав клетки хлореллы входит: кальций—4,79 %, фосфор—2,51 %, железо—4,70 %, марганец—0,47 %, медь—0,048 %, кобальт—0,009 %, йод—0,0005 %, витамины: каротин, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, В₁₂, Е (табл. 4) [13–15].

Таблица 4

**Содержание аминокислот в 1 кг сухого вещества штамма
Chlorella vulgaris ИФР № С-111, %**

Наименование	Среднее содержание вещества
Изолейцин	2,39
Лейцин	4,70
Лизин	5,14
Фенилаланин	2,94
Метионин	0,97
Треонин	2,70
Валин	3,90
Гистидин	1,46
Аргинин	6,10
Триптофан	1,23
Общий азот	9,23
Протеин	62,11

Table 4

**Amino acid profile of *Chlorella vulgaris* strain (IFR no. C-111)
expressed, % per 1 kg of dry matter**

Amino acid	Average content
Isoleucine	2.39
Leucine	4.70
Lysine	5.14
Phenylalanine	2.94
Methionine	0.97
Threonine	2.70
Valine	3.90
Histidine	1.46
Arginine	6.10
Tryptophan	1.23
Total nitrogen	9.23
Protein	62.1

Для опытной и контрольной групп перепелов, проведения инкубации, были отобраны по 100 штук яиц белой окраски с темными пятнами массой 15 ± 1 г (рис. 4).



Рис. 4. Яйца и перепела породы Московский белый гигант, ЛПХ Е. Московец, 2022 г.

Fig. 4. Moscow White Giant eggs and quails, E. Moskovets private farm, 2022

С пятидневного возраста в рацион питания птенцов добавляли штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 (рис. 5).



Рис. 5. Использование штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111

Fig. 5. Application of *Chlorella vulgaris* strain (IFR no. C-111)

Клеточное содержание опытной и контрольной группы (рис. 6, 7). Кормление перепелов опытной группы производили с добавлением штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 из расчета: 500 мл на 10 л воды.



Рис. 6. Контрольная группа перепелов Московский белый гигант, ЛПХ Е. Московец, 2022 г.

Fig. 6. Control group of Moscow White Giant quails, E. Moskovets private farm, 2022



Рис. 7. Опытная группа перепелов Московский белый гигант, ЛПХ Е. Московец, 2022 г.

Fig. 7. Experimental group of Moscow White Giant quails, E. Moskovets private farm, 2022

Результаты исследований и обсуждение

Выход яиц, соответствующих по качеству, для инкубации от перепелок в 38—40-дневном возрасте опытной группы составил 88 %, в контрольной группе — 80 %. Выводимость перепелят в опытной группе составила 95 %, живая масса в среднем: $14,5 \pm 0,52$ г. Сохранность перепелят в опытной группе к 3-м суткам жизни составила — 100 %, к 14-му дню — 100 %, при массе перепелят —

181 ± 1,32 г. В контрольной группе выводимость была в пределах — 90 %, живая масса перепелят — 14 ± 0,50 г, к 14-му дню жизни — 176 ± 3,0 г, при сохранности к 3-дневному возрасту — 97 %, к 14-му дню — 89 %.

Выход яиц для инкубации от перепелок в 90—91-дневном возрасте опытной группы составил 100 %, контрольной — 95 %. Вывод перепелят в опытной группе на 8 % больше, чем в контрольной, сохранность на 3-и сутки составила 99 %, на 14-е — 97 %; в контрольной группе — 93 и 87 % соответственно. Живая масса перепелят в опытной группе в 1-е сутки жизни составила 16—17 г, на 14-е сутки — 183—185 г; в контрольной группе — 14 и 178 г. Падёж перепелят в опытной группе в 14-дневном возрасте составил 3 % (технологический травматизм — 38 %), в контрольной — 13 %.

К 160 дням жизни перепелок выход яиц, соответствующих по качеству для инкубации, в обеих группах уменьшился и составил: в опытной — 90 %, в контрольной — 88 %. Выводимость перепелят в опытной группе составила 95 %, в контрольной — 91 %; сохранность к 3-м и 14-м суткам в опытной группе — 99 и 99 %, в контрольной — 93 и 87 %. Живая масса перепелят опытной группы в 1-е сутки составила 17 г, в 14-е — 185 г; в контрольной — 15 г и 180 г. Падеж перепелят к 14-дневному возрасту в опытной группе — 1 шт., в контрольной — 5 шт.; к 210—212 дням жизни перепелок выход инкубационных яиц в опытной группе — 84 %, в контрольной — 80 %. При инкубации выводимость перепелят в опытной группе — 93 %, в контрольной — 80 %. Живая масса перепелок в 1-е сутки в опытной группе составила 15 г, на 14-й день — 187 г, в контрольной соответственно — 15 г и 181 г. Сохранность перепелят в 3-дневном возрасте в опытной группе — 99 %, в 14-дневном возрасте — 98 %, в контрольной группе — 95 и 80 % соответственно. К завершению технологического цикла получения яиц на 240—241-е сутки выход в опытной группе — 75 %, контрольной — 70 %. В таблицах 5—7 приведены результаты исследований.

Таблица 5

Выход инкубационных яиц и перепелят в опытной и контрольной группах, 2022 г.

Возраст перепелов, сутки	Опытная группа		Контрольная группа	
	Выход яиц для инкубации, %	Выход перепелят, %	Выход яиц для инкубации, %	Выход перепелят, %
38–40	88	95	80	90
90–91	100	100	95	92
160–161	90	95	88	93
210–211	84	93	80	90
240–241	75	90	70	87

Table 5

Yield of hatching eggs and quail in experimental and control groups, 2022

Quail age, days	Experimental group		Control group	
	Yield of eggs for incubation, %	Quail yield, %	Yield of eggs for incubation, %	Quail yield, %
38–40	88	95	80	90
90–91	100	100	95	92
160–161	90	95	88	93
210–211	84	93	80	90
240–241	75	90	70	87

Таблица 6

Живая масса перепелят и их сохранность в опытной и контрольной группах, 2022 г.

Возраст, суток	Опытная группа				Контрольная группа			
	В 1-е сутки		На 14-е сутки		В 1-е сутки		На 14-е сутки	
	Живая масса, г	Сохранность, %	Живая масса, г	Сохранность, %	Живая масса, г	Сохранность, %	Живая масса, г.	Сохранность, %
38–40	14 ± 0,51	100	180	100	13 ± 0,51	97	175	89
90–91	16 ± 0,51	99	184	97	14 ± 0,51	93	178	87
160–161	17 ± 0,51	99	185	99	15 ± 0,51	95	181	85
210–211	15 ± 0,51	99	186	98	13 ± 0,51	95	183	80
240–241	15 ± 0,51	99	186	98	13 ± 0,51	95	183	80

Table 6

Live weight and survival of quails in experimental and control groups, 2022

Age, days	Experimental group				Control group			
	1 st day		14 th day		1 st day		14 th day	
	Live weight, g	Survival rate, %	Live weight, g	Survival rate, %	Live weight, g	Survival rate, %	Live weight, g	Survival rate, %
38–40	14 ± 0.51	100	180	100	13 ± 0.51	97	175	89
90–91	16 ± 0.51	99	184	97	14 ± 0.51	93	178	87
160–161	17 ± 0.51	99	185	99	15 ± 0.51	95	181	85
210–211	15 ± 0.51	99	186	98	13 ± 0.51	95	183	80
240–241	15 ± 0.51	99	186	98	13 ± 0.51	95	183	80

Таблица 7

Биохимические результаты исследования мяса перепелов опытной и контрольной групп, 2022 г.

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Продукты первичного распада	Отсутствуют	Отсутствуют
Реакция на пероксидазу	Положительная	Положительная
pH мяса перепелов	5,76 ± 0,12	8,80 ± 0,15
Реакция с сернокислой медью	Отрицательная	Отрицательная
Аминоаммиачный азот, мг	0,78 ± 0,05	0,86 ± 0,06
Формольная реакция	Отрицательная	Отрицательная

Table 7

Biochemical parameters of quail meat in experimental and control groups, 2022

Parameters	Quail group	
	Control	Experimental
Primary decay products	No	No
Peroxidase reaction	Positive	Positive
pH of quail meat	5.76 ± 0.12	8.80 ± 0.15
Reaction with copper sulfate	Negative	Negative
Amino-ammonia nitrogen, mg	0.78 ± 0.05	0.86 ± 0.06
Formol reaction	Negative	Negative

Заключение

В современных условиях развитие отрасли перепеловодства может осуществляться в промышленных масштабах. Владельцы личных подсобных хозяйствах стали успешно пробовать и разводить перепелов с целью получения ценной пищевой продукции и дополнительного дохода. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Развитие перепелов в личных подсобных хозяйствах должно поддерживаться научными рекомендациями и государственными субсидиями.

2. Включение в рацион питания птицы перепела *Chlorella vulgaris* позволяет улучшить зоотехнические и экономические показатели, в частности, улучшить вывод перепелят на 8 %, довести их сохранность до 97 %; увеличить вес живой массы перепелов на 9,8 %; снизить падеж перепелят (технологический травматизм) до 3 %.

3. Отработана технология включения в рацион питания (выпаивание) перепелов штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111.

4. Биохимические результаты исследования мяса показали высокую пищевую и вкусовую ценность

5. Разработанная программа дальнейших исследований по использованию в перепеловодстве *Chlorella vulgaris* направлена на применение новых штаммов с иным содержанием микроэлементов.

Библиографический список

1. Медведев А.В. Обоснование экономических мотиваторов малого предпринимательства на сельских территориях по развитию аквакультуры, производству альгопродуктов и выводу их на рынок // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 1. С. 92—98. doi: 10.32651/221-92
2. Маринченко Т.Е. Перепела на домашней ферме // Техника и оборудование для села. 2011. № 9. С. 46—48.
3. Генералова С.В., Рябова А.И. Перспективы развития рынка перепелиного яйца и мяса в России // Маркетинг в России и за рубежом. 2013. № 3. С. 103—108.
4. Буяров В.С. Экономико-экологические аспекты производства продукции животноводства и птицеводства // Вестник аграрной науки. 2019. № 6. С. 81—85. doi: 10.15217/issn2587—666X.2019.6.77
5. Roiss O., Medvedeva L.N. New Horizons for the Application of Microalgae in the National Economy // ICT Systems and Sustainability Proceedings of ICT4SD. 2021. Т. 1270. P. 733—740. doi: 10.1007/978-981-15-8289-9_70
6. Мамедов Р.Т. Эффективность применения натриевых ламп в помещениях для содержания перепелов // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 98—101. doi: 10.28983/asj.y2021i11pp98-101
7. Басова Е.А., Ядрищенская О.А., Шпынова С.А., Селина Т.В. Изменение питательности комбикормов при выращивании ремонтного молодняка перепелов // Фундаментальные и прикладные аспекты ветеринарной медицины на границе веков: сб. материалов междунар. конференции, посв. 100-летию СибНИВИ-ВНИИБТЖ. 2021. С. 440—444.
8. Хусид С.Б., Борисенко В.И., Николаенко В.В. Влияние пробиотиков на организм перепелов // Молодой ученый. 2015. № 5. С. 23—25.
9. Гадиев Р.Р., Хазиев Д.Д., Фаррахов А.Р., Галина Ч.Р. Применение нетрадиционных кормов и добавок в птицеводстве: рекомендации. Языково, 2013. 30 с.
10. Мелихов В.В. Хлорелла — высокопродуктивная кормовая добавка // Вестник АПК. 2003. № 5. С. 14—16.
11. Николаенко Е.И., Лукина Д.В., Глебова И.В. Суспензия хлореллы в рационах сельскохозяйственной птицы // Аграрная наука — сельскому хозяйству. Барнаул, 2020. С. 206—208.
12. Фролова М.В., Московец М.В., Птицына Л.А., Торопов А.Ю. Хлорелла в рационах перепелов Эстонской породы // Известия НВ АУК. 2018. № 4 (52). С. 178—184. doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-25
13. Богданов Н.И. Хлорелла — нетрадиционная кормовая добавка // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2007. № 4. С. 12—13.
14. Плутахин Г.А. Хлорелла и ее применение в птицеводстве // Птицеводство. 2011. № 5. С. 23—25.
15. Мачнева Н.Л., Шевкопляс В.Н., Коцаева О.В. Применение микроводоросли хлореллы в рационах перепелов и цыплят-бройлеров // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2018. № 4. P. 27—36. doi: 10.22406/aabs-18-4.1-27-36

References

1. Medvedev AV. Substantiation of the economic motivators of small business in rural areas for the development of aquaculture, the production of alga products and their introduction to the market. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022;(1): 92—98. (In Russ.). doi: 10.32651/221-92
2. Marinchenko TE. Quail at a home farm. *Machinery and equipment for rural area*. 2011;(9): 46—48. (In Russ.).
3. Generalova SV, Rjabova AI. Prospects for the development of the quail egg and meat market in Russia. *Marketing in Russia and Abroad*. 2013;(3):103—108. (In Russ.).
4. Buyarov VS. Economic and technological aspects of production of animal and poultry products. *Bulletin of agrarian science*. 2019;(6):77—88. (In Russ.). doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.77
5. Medvedeva LN, Roiss O. New horizons for the application of microalgae in the national economy. In: Tuba M, Akashe S, Joshi A. (eds.) *ICT Systems and Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1270. Springer, Singapore: 2021. p. 733—740. doi: 10.1007/978-981-15-8289-9_70
6. Mamedov RT. Efficiency of the use of sodium lamps in rooms for quails keeping. *The agrarian scientific journal*. 2021;(11):98—101. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2021i11pp98-101

7. Basova EA, Yadrishenskaya OA, Shpynova SA, Selina TV. Changes in the nutritional value of mixed fodder when rearing replacement quails. In: *Fundamental and applied aspects of veterinary medicine at the turn of the century: conference proceedings*. 2020. p. 440—444. (In Russ.).
8. Husid SB, Borisenko VV, Nikolaenko VI. Influence of probiotics on quail. *Molodoi uchenyi*. 2015;(5.1):23—25. (In Russ.).
9. Gadiev RR, Haziev DD, Farrahov AR, Galina CR. *Primenenie netraditsionnykh kormov i dobavok v ptitsevodstve: rekomendatsii* [The use of non-traditional feeds and additives in poultry farming: recommendations]. Jazykovo; 2013. (In Russ.).
10. Melihov VV. Chlorella is a highly productive feed additive. *Vestnik APK*. 2003;(5):14—16. (In Russ.).
11. Nikolaenko EI, Lukina DV, Glebova IV. Suspension of chlorella in the diets of poultry. In: *Agrarian science—for agriculture: conference proceedings*. Barnaul; 2020. p. 206—208. (In Russ.).
12. Frolova MV, Moskovets MV, Ptitsyna LA, Toropov AY. Chlorella in diets of quails the estonian breed. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2018;(4):178—184. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-25
13. Bogdanov NI. Chlorella as an unconventional feed additive. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2007;(4):12—13. (In Russ.).
14. Plutahin GA, Machneva NL, Koschaev AG, Pyatikonov IV, Petenko AI. Chlorella in broiler diets. *Ptitsevodstvo*. 2011;(5):23—25. (In Russ.).
15. Machneva NL, Shevkopljas VN, Koshchaeva OV. The application of microalgae chlorella in quail and broiler chicken feeding. *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2018;4(1):27—36. (In Russ.). doi: 10.22406/aabs-18-4.1-27-36

Об авторах:

Медведева Людмила Николаевна — доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9; e-mail: milena.medvedeva2012@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3650-2083

SPIN-код: 4685-1949

Зорькина Ольга Владимировна — кандидат технических наук, заведующий кафедрой биологии и биоинженерии Волгоградского государственного университета, Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 100; e-mail: ov.zorkina@volsu.ru

ORCID: 0000-0003-3179-140X

SPIN-код: 6916-0669

Московец Мария Васильевна — старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1997-6313

SPIN-код: 7861-7180

About authors:

Medvedeva Lyudmila Nikolaevna — Doctor of Economics Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 9 Timiryazev st., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: milena.medvedeva2012@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3650-2083

Moskovets Maria Vasilevna — Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 9 Timiryazev st., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1997-6313

SPIN: 7861-7180

Zorkina Olga Vladimirovna — Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, 100 Universitetskiy ave., Volgograd, 400062, Russian Federation; e-mail: ov.zorkina@volsu.ru

ORCID: 0000-0003-3179-140X

SPIN: 6916-0669




Генетика и селекция животных Genetics and selection of animals


DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-514-526

УДК 636.32/.38:636.082.2

Научная статья / Research article

Оценка селекционных признаков овец романовской породы в зависимости от полиморфизма гена гормона роста

М.В. Абрамова  , А.В. Ильина , М.С. Барышева ,
Ю.И. Малина , Е.Г. Евдокимов 

Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»,
пос. Михайловский, Ярославская область, Российская Федерация
 abramovam2016@yandex.ru

Аннотация. Изыскание новых маркеров высокой продуктивности овец и внедрение методов оценки и отбора по этим показателям — актуальное направление при разведении российских пород овец. Материалом для исследований послужили результаты оценки экстерьера, живой массы овец романовской породы. Генетические исследования проводили с использованием проб ткани (ушные выщипы). Методом ПЦР-ПДРФ проведена оценка полиморфизма гена гормона роста у овец романовской породы. Оценка полиморфизма гена гормона роста в популяции овец романовской породы показала наличие трех аллельных вариантов АА, АВ и ВВ с частотой встречаемости 0,24, 0,62 и 0,14 соответственно. Статистически значимая разница между показателями живой массы у животных с генотипами GH^{AB} и GH^{AA} , GH^{AB} и GH^{BB} составляла: при рождении 210 и 140 г ($P \geq 0,95$) и при отъеме 350 и 1260 г ($P \geq 0,95$) соответственно. Фенотипическая изменчивость показателей живой массы была наивысшей при рождении и при отъеме и составила 31,7...32,5 % для всех генотипов. Животные с генотипами GH^{AA} и GH^{AB}

© Абрамова М.В., Ильина А.В., Барышева М.С., Малина Ю.И., Евдокимов Е.Г., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

превосходили своих сверстников с генотипом GH^{BB} по промерам ширины в маклоках, тазобедренных сочленениях, ширине груди, обхвату груди, следовательно, имели более широкотелый тип. При изучении фенотипических и генетических корреляций промеров экстерьера и живой массы в возрасте 12 месяцев установлена достоверная положительная связь с высотой в холке ($r_p = +0,13^*$; $r_G = +0,02$) и крестце ($r_p = +0,14^{**}$; $r_G = +0,03$), длиной таза ($r_p = +0,14^{**}$; $r_G = +0,02$). Полученные новые знания о полиморфизме гена GH и его взаимосвязи с продуктивными признаками овец романовской породы позволяют проводить углубленную оценку, целенаправленный отбор и подбор особей с желательными генотипами.

Ключевые слова: маркерная селекция, романовская порода овец, гормон роста, живая масса, экстерьер, фенотипическая изменчивость, генетическая корреляция







Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена согласно государственному заданию (рег. номер 122041100076-6, номер/шифр FGGW-2022-0010) по теме «Разработать селекционную программу и систему по сохранению и рациональному использованию генофонда крупного рогатого скота и овец, направленные на повышение и реализацию генетического потенциала по продуктивности и продолжительности хозяйственного использования».

История статьи: поступила в редакцию 19 сентября 2022 г., принята к публикации 10 октября 2022 г.

Для цитирования: *Абрамова М.В., Ильина А.В., Барышева М.С., Малина Ю.И., Евдокимов Е.Г.* Оценка селекционных признаков овец романовской породы в зависимости от полиморфизма гена гормона роста // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 514—526. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-514-526

Breeding characteristics of Romanov sheep depending on polymorphism of growth hormone gene

Marina V. Abramova  , Anna V. Ilina , Maria S. Barysheva ,
Julia I. Malina , Evgeniy G. Evdokimov 

Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production—Branch
of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology,
Yaroslavl region, Russian Federation
*abramovam2016@yandex.ru

Abstract. The search for new markers of high productivity of sheep and the introduction of evaluation and selection methods for these indicators is an urgent direction in breeding of Russian sheep. The material for the research was the results of assessment of exterior, live weight of Romanov sheep. Genetic studies were carried out using tissue samples (ear plucking). Polymorphism of growth hormone gene in Romanov sheep was evaluated by restriction fragment length polymorphism analysis and polymerase chain reaction. Evaluation of polymorphism of growth hormone gene in the population of Romanov sheep showed the presence of three allelic variants—AA, AB and BB, with a frequency of 0.24, 0.63 and 0.14, respectively. The statistically significant difference between the indicators of live weight in animals with genotypes GH^{AB} and GH^{AA}, GH^{AB} and GH^{BB} was: at birth 210 g and 140 g ($P \geq 0.95$), respectively; at weaning 350 g and 1260 g ($P \geq 0.95$), respectively. The phenotypic variability of live weight was the highest at birth and at weaning and amounted to 31.7...32.5 % for all genotypes. Animals with genotypes GH^{AA} and GH^{AB} outperformed their peers with genotype GH^{BB} in

dimensions of rump width in tuber coxae, rump width in tuber trochanterica, chest width, chest circumference, and therefore, had a wide body. When studying the phenotypic and genetic correlations of measurements of exterior and live weight at the age of 12 months, a reliable positive relationship was established with height at withers height ($r_p = +0.13^*$; $r_G = +0.02$), rump height ($r_p = +0.14^{**}$; $r_G = +0.03$), rump length ($r_p = +0.14^{**}$; $r_G = +0.02$). The new knowledge gained about polymorphism of GH gene and its relationship with productive traits of Romanov sheep will allow for in-depth evaluation, targeted selection and selection of individuals with desirable genotypes.

Keywords: marker associated selection, Romanov sheep breed, growth hormone, live weight, exterior, phenotypic variability, genetic correlation

Conflicts of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Funding. The work was carried out in accordance with the state task (registration number 122041100076-6, number/code FGGW-2022-0010) on the topic «Developing a breeding program and system for conservation and rational use of the gene pool of cattle and sheep, aimed at increasing and realizing the genetic potential for productivity and duration of economic use».

Article history: Received: 19 September 2022. Accepted: 10 October 2022.

For citation: Abramova MV, Ilina AV, Barysheva MS, Malina JI, Evdokimov EG. Breeding characteristics of Romanov sheep depending on polymorphism of growth hormone gene. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):514—526. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-514-526

Введение

Сохранение и рациональное использование генофонда овец является весьма актуальной проблемой развития овцеводства и требует решения множества задач. Одна из них — использование современных методов селекционно-племенной работы для реализации генетического потенциала продуктивности и племенной ценности овец [1].

Сохранение ценного генофонда романовской породы овец следует вести с применением научно обоснованных методов, позволяющих сохранить ценные свойства породы, такие как высокая плодовитость и полиэстричность. Живая масса является важным селекционным признаком в романовском овцеводстве. От более крупных маток получают многоплодные окоты, более жизнеспособный приплод, а также они имеют большую продолжительность хозяйственного использования. Многолетними исследованиями установлено, что существует высокая положительная фенотипическая и генотипическая зависимость между показателями живой массы и плодовитости у овец романовской породы [2—4].

Современный селекционный процесс предусматривает внедрение генетических приемов. Изучение структуры популяции по генам-маркерам и выявление желательных генотипов и фенотипов — приоритетное направление при изучении особенностей и сохранения генофонда локальных пород [5].

Генетические исследования популяций сельскохозяйственных животных позволяют сделать геномную селекцию более эффективной. Ген гормона роста (GH) относится к числу перспективных маркерных генов, белковый продукт которого играет важную роль в формировании или регуляции биохимических и физиоло-

гических процессов в организме овец. Степень проявления предпочтительных аллелей в популяции позволяет оценить генетический потенциал животного, что напрямую определяет экономический успех развития овцеводства [6, 7].

Получение жизнеспособного, полноценного молодняка с высоким генетическим потенциалом во многом зависит от аллельного спектра генов, ассоциированных с хозяйственно-полезными признаками [8—10]. В связи с этим изучение генетической структуры популяций отечественных пород овец по генам-маркерам продуктивных признаков актуально.

Целью исследования являлось изучение полиморфизма гена гормона роста и его влияния на селекционные признаки овец романовской породы популяции Ярославской области.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований послужили племенные карточки овец романовской породы в племенных хозяйствах Ярославской области. В обработку вошла информация по овцематкам общей численностью 756 голов. Исследования по полиморфизму генов овец проводились в лаборатории генетики и биотехнологии Ярославского НИИЖК-филиала ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Клеточную ДНК из ткани (ушные выщипы) выделяли при помощи набора ДНК-Экстран-2 (ЗАО «Синтол», Москва). Из образцов геномной ДНК при помощи полимеразной цепной реакции (ПЦР) синтезировали ряд фрагментов исследуемых генов. Синтез фрагментов проводился в 15 мкл реакционной смеси, которая включала в себя 100...200 нг клеточной ДНК, по 0,8 пмоль каждого праймера, по 200 нмоль четырех дезоксирибонуклеотидов, а также 1,25 ед. Таq-полимеразы. Концентрация $MgCl_2$ в конечном растворе составила 0,15 мкМ. Для проведения ПЦР применялась следующая пара праймеров:

F:5'-GGGGAGGCAGGAAGGGATGAA-3',

R:5'-GGCAGATGGGTGGTTGGTCGG-3'.

Размер получаемого фрагмента составлял 536 п.н. Условия проведения реакции были следующими: первоначальная денатурация 95 °С — 5 мин, далее 32 цикла: денатурация 95 °С — 40 с, отжиг 62 °С — 40 с, синтез 72 °С — 1 мин и завершающий синтез 72 °С — 10 мин.

Полиморфизм гена GH анализировали методом ПДРФ-анализа с использованием эндонуклеазы рестрикции *Hae III* (GG↑CC CC↓GG). Реакцию рестрикции проводили в 15 мкл реакционной смеси, которая содержала 1,5 мкл 10-кратного буфера и 1,5...3 единиц соответствующего фермента с выдержкой 12...16 ч при 37 °С. После чего реакцию останавливали 15-минутным прогреванием в 70 °С.

Анализ результатов амплификации и длин рестрикционных фрагментов проводили в 2 и 4 % агарозном геле соответственно. Для дальнейшей визуализации в гель добавляли бромистый этидий. Проводили электрофорез при 120 В в течение 120 мин. При электрофорезе использовали маркер молекулярного веса ДНК M28 (ООО «СибЭнзайм», Россия). После электрофореза агарозный гель визуализи-

ровали на трансиллюминаторе Biorad chemidoc и анализировали при помощи программы Image Lab.

Сочетание аллелей определяли по паттернам длин полученных фрагментов в парах нуклеотид: АА—296, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 24, 22, 8; АВ—296, 275, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 24, 22, 21, 8; ВВ—275, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 24, 22, 21, 8.

Частота генотипов и аллелей, значения наблюдаемой (H_o) и ожидаемой (H_e) гетерозиготности были рассчитаны по стандартным методикам [11]. Оценку живой массы проводили путем взвешивания. Промеры статей экстерьера оценивали по общепринятым методикам. Статистическая обработка проводилась с помощью средств Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Оценка полиморфизма гена GH в популяции романовских овец показала наличие трех вариантов генотипов АА (0,24), АВ (0,62) и ВВ (0,14), с частотой встречаемости аллелей А и В—55 и 45 % соответственно (рис. 1).

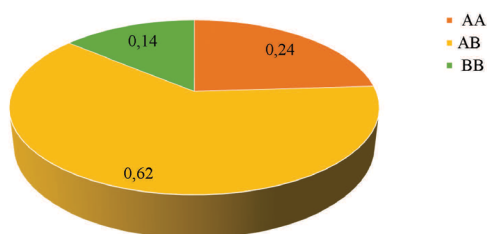


Рис. 1. Частота встречаемости генотипов гена гормона роста GH в популяции овец романовской породы

Fig. 1. Frequency of occurrence of genotypes of the growth hormone (GH) gene in the population of Romanov sheep

По данному гену популяция находится в равновесии ($\chi^2 = 7,87$; $P \geq 0,99$).

Показатели H_o и H_e гетерозиготности по исследованным генотипам составили 0,63 и 0,49 соответственно, что говорит о том, что в популяции происходит повышение разнообразия.

Ген гормона роста является одним из важнейших регуляторов соматического роста животных, он вызывает увеличение роста и массы тела у животных. Данный гормон не только активизирует биологические процессы, сопровождающиеся увеличением размеров тела, стимуляцией роста скелета, но и координирует и регулирует скорость протекания обменных процессов. Суперэкспрессия гена GH приводит к ускоренному росту и развитию организма животного [6].

Живую массу относят к основным селекционным признакам в романовском овцеводстве. Поэтому глубокое изучение с возможностью внедрения маркерной селекции и, как следствие, более точной оценки генотипа и отбора животных для

воспроизводства по этому показателю является важным составляющим критерием при улучшении и сохранении ценного генофонда.

В табл. 1 приведены результаты оценки показателей живой массы овец в различные возрастные периоды в зависимости от генотипа по гену гормона роста.

Таблица 1

Показатели живой массы овец в зависимости от генотипа гена гормона роста

Генотипы	Живая масса, кг (M±m)			
	При рождении	При отъеме	В возрасте 300 дней	В возрасте 365 дней
AA	2,07±0,06	19,03±0,42	38,52±0,51	43,03±0,52
AB	2,28±0,04*	19,38±0,24*	38,64±0,29	42,98±0,30
BB	2,14±0,09	18,12±0,58	37,97±0,82	42,26±0,82
В среднем по выборке	2,26±0,03	18,98±0,16	38,42±0,20	42,99±0,21

Примечание: *P ≥ 0,95.

Table 1

Indicators of live weight of sheep depending on genotype of growth hormone gene

Genotype	Body weight, kg (M±m)			
	At birth	At weaning	At age of 300 days	At age of 365 days
AA	2.07±0.06	19.03±0.42	38.52±0.51	43.03±0.52
AB	2.28±0.04*	19.38±0.24*	38.64±0.29	42.98±0.30
BB	2.14±0.09	18.12±0.58	37.97±0.82	42.26±0.82
Average value	2.26±0.03	18.98±0.16	38.42±0.20	42.99±0.21

Note: *P≥0.95.

Как видно из табл. 1, по живой массе наблюдается превосходство у особей с генотипом GH^{AB} во все возрастные периоды. При этом достоверная разница по живой массе при отъеме говорит о более интенсивном росте животных в молочный период.

Оценка фенотипической вариабельности признака позволяет установить наличие многообразия фенотипов при отборе желательных особей для дальнейшего воспроизводства. На рис. 2 приведены показатели коэффициента вариации живой массы по возрастным периодам в зависимости от генотипа.

По данным рис. 2 характер изменчивости показателей живой массы овец имеет тенденцию с возрастом снижаться. При этом максимальный показатель коэффициента вариации выявлен у животных при рождении, что обусловлено типом рождения особей. Высокий и средний показатель коэффициента вариации говорит о наличии различных фенотипов в популяции. Это важно для оценки и отбора животных следующих генераций.

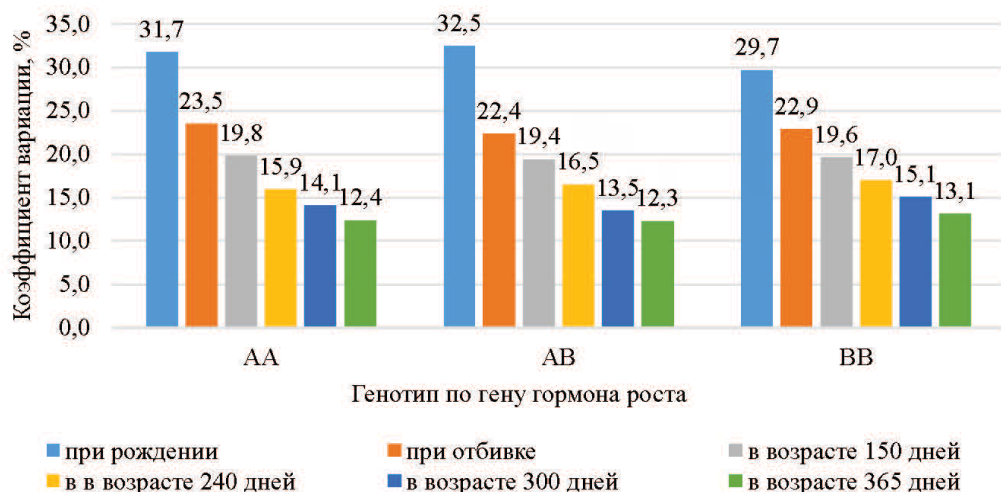


Рис. 2. Фенотипическая изменчивость живой массы овец романовской породы

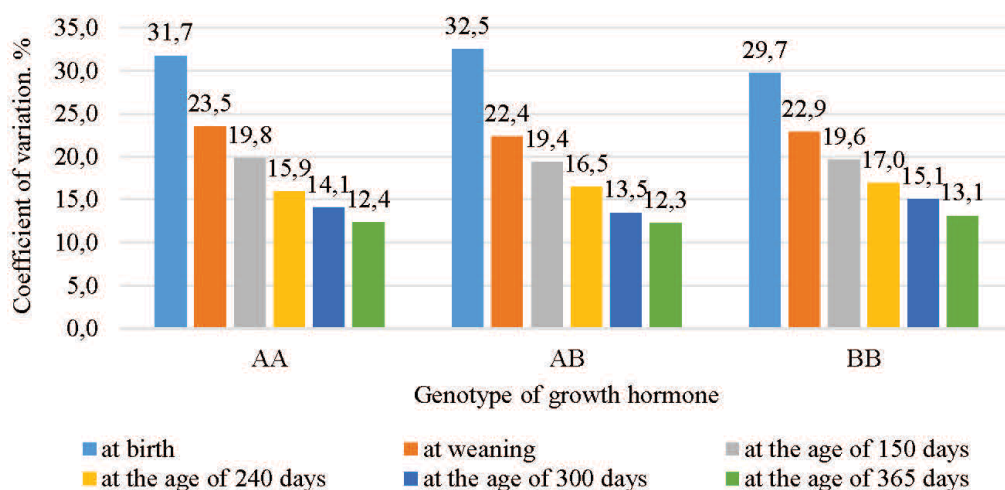


Fig. 2. Variability of the live weight of Romanov sheep

Гармоничное телосложение животного определяет его высокую продуктивность, крепость конституции, здоровье, высокую плодовитость. Животные с хорошо развитым телосложением дольше живут, у них реже бывают трудные окоты. Они способны поедать больше корма, необходимого для обеспечения высокой продуктивности, что позволяет в большей степени реализовать заложенный генетический потенциал [12, 13].

К важным показателям, характеризующим тип конституции и внешние формы животных, которые напрямую связаны с выходом мяса и лучшими воспроизводительными качествами, относятся промеры статей экстерьера (табл. 2).

Промеры экстерьера овец романовской породы (M±m)

Промеры, см	Генотип по гену GH			Среднее по выборке
	AA	AB	BB	
Высота в холке	65,9±0,29	65,3±0,20	65,7±0,51	65,2±0,14
Высота в крестце	64,9±0,29	64,4±0,19	65,2±0,54	64,4±0,13
Косая длина туловища	68,2±0,31	67,8±0,21	68,1±0,55	67,6±0,15
Ширина груди	28,2±0,35 ¹	27,5±0,20	26,9±0,42	27,4±0,15
Обхват груди	94,6±0,96	93,8±0,43	92,2±1,05	92,9±0,32
Длина таза	23,1±0,18	23,0±0,10	22,8±0,25	22,9±0,07
Ширина в маклоках	20,6±0,24**	20,1±0,11*	19,7±0,17	19,9±0,09
Ширина в тазобедренных сочленениях	19,1±0,26	18,9±0,13	18,9±0,30	18,8±0,09
Ширина в седалищных буграх	12,6±0,19*	12,8±0,13	14,0±0,52*	12,7±0,10

Достоверное различие в пределах одного гена при *P ≥ 0,95; **P ≥ 0,99. Достоверное различие со средним по популяции при ¹P ≥ 0,95.

Table 2

Indicators of exterior of Romanov sheep (M±m)

Indicators of exterior, cm	Genotype of GH			Sample average
	AA	AB	BB	
Withers height	65.9±0.29	65.3±0.20	65.7±0.51	65.2±0.14
Rump height	64.9±0.29	64.4±0.19	65.2±0.54	64.4±0.13
Body length	68.2±0.31	67.8±0.21	68.1±0.55	67.6±0.15
Chest width	28.2±0.35 ¹	27.5±0.20	26.9±0.42	27.4±0.15
Chest circumference	94.6±0.96	93.8±0.43	92.2±1.05	92.9±0.32
Rump length	23.1±0.18	23.0±0.10	22.8±0.25	22.9±0.07
Rump width in tuber coxae	20.6±0.24**	20.1±0.11*	19.7±0.17	19.9±0.09
Rump width in tuber trochanterica	19.1±0.26	18.9±0.13	18.9±0.30	18.8±0.09
Rump width	12.6±0.19*	12.8±0.13	14.0±0.52*	12.7±0.10

Significant difference within one gene at *P≥0.95; **P≥0.99. Significant difference with the population average at ¹P≥0.95.

По показателям высотных промеров по гену GH достоверных различий между генотипами не выявлено, при этом животные с генотипами GH^{AA} и GH^{AB} превосходили своих сверстников с генотипом GH^{BB} по промерам: ширина груди, обхват груди и ширина в маклоках, т.е. имели более широкотелый тип.

Для комплексного улучшения хозяйственно-полезных признаков необходимо понимание селекционных изменений, происходящих в стаде или популяции. Для этого были изучены популяционно-генетические параметры показателей экстерьера в зависимости от генотипа по гену гормона роста.

По показателям фенотипической изменчивости промеров экстерьера маточного поголовья изучаемой выборки установлены низкие значения коэффициента изменчивости промеров экстерьера. Это говорит о значительной консервативности этих признаков. Наибольшая достоверная ($P \geq 0,999$) фенотипическая изменчивость выявлена по широтным промерам: ширина груди ($\text{lim } C_v = 7,6 \dots 9,9 \%$), в маклоках ($\text{lim } C_v = 7,6 \dots 9,9 \%$), тазобедренных сочленениях ($\text{lim } C_v = 7,7 \dots 9,5 \%$), и седалищных буграх ($\text{lim } C_v = 13,5 \dots 17,8 \%$). Изменения всех этих характеристик обусловлены влиянием внешних факторов, а также генетическими особенностями индивидов.

Изучение корреляции между несколькими хозяйственно полезными признаками животного позволяет выяснить их взаимосвязь и избежать односторонности, а, следовательно, и малой эффективности селекции. При этом корреляционный анализ дает возможность установить наличие взаимосвязи между признаками и оценить ее количественно. Выявить и обозначить причины этой зависимости возможно только при обстоятельном анализе биологического характера [14, 15].

При разработке программ селекции и формировании селекционной стратегии необходимым элементом является выявление взаимосвязи хозяйственно-полезных признаков. На основании изученных промеров были рассчитаны коэффициенты фенотипической и генетической корреляции с показателями живой массы овец в возрасте 12 месяцев (табл. 3).

Таблица 3

Взаимосвязь промеров экстерьера овец романовской породы

Показатели экстерьера, см	Живая масса в 365 дней, кг	
	Коэффициент фенотипической корреляции	Коэффициент генетической корреляции
Высота в холке	0,13*	0,02
Высота в крестце	0,14**	0,03
Косая длина туловища	0,07	0,01
Ширина груди	-0,15**	-0,02
Обхват груди	-0,07	-0,01
Длина таза	0,14**	0,02
Ширина в маклоках	-0,09	-0,02
Ширина в тазобедренных сочленениях	-0,05	-0,01
Ширина в седалищных буграх	-0,09	-0,01

Разница статистически значима при * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$.

Correlation of indicators of exterior and body weight of Romanov sheep

Indicators of exterior, cm	Body weight at the age of 365 days, kg	
	Phenotypic correlation	Genetic correlation
Withers height	0,13*	0,02
Rump height	0,14**	0,03
Body length	0,07	0,01
Chest width	-0,15**	-0,02
Chest circumference	-0,07	-0,01
Rump length	0,14**	0,02
Rump width in tuber coxae	-0,09	-0,02
Rump width in tuber trochanterica	-0,05	-0,01
Rump width	-0,09	-0,01

Significant difference at * $P \geq 0.95$; ** $P \geq 0.99$.

В результате исследований установлено, что положительную фенотипическую связь с показателем живой массы в возрасте 12 месяцев имели промеры: высота в холке и высота в крестце, косая длина туловища.

По всем изученным промерам установлена прямая слабая генетическая взаимосвязь с показателем живой массы, при этом наибольший коэффициент корреляции выявлен у следующих промеров: высота в холке, высота в крестце, длина крестца.

Взаимосвязь показателей экстерьера и живой массы, а также влияние полиморфизма гена гормона роста позволяют использовать селекционные признаки при отборе животных.

Заключение

В результате оценки полиморфизма гена гормона роста в популяции овец романовской породы установлено наличие трех аллельных вариантов генотипов AA, AB и BB с частой встречаемости 0,24, 0,62 и 0,14 соответственно.

Превосходство по показателям живой массы овец в различные возрастные периоды отмечается у животных с генотипом GH^{AB} . Таким образом, статистически значимая разница между показателями живой массы у животных с генотипами GH^{AB} и GH^{AA} , GH^{AB} и GH^{BB} составляла: при рождении 210 и 140 г ($P \geq 0,95$) соответственно; при отъеме 350 и 1260 г ($P \geq 0,95$) соответственно.

Фенотипическая изменчивость показателей живой массы была наивысшей при рождении и при отъеме и составила 31,7...32,5 % для всех генотипов. С возрастом этот показатель имеет тенденцию к снижению и в возрасте 12 месяцев достиг значений 12,3...13,1 %.

По показателям роста и растянутости исследуемая популяция достаточно выровнена, при этом животные с генотипами GH^{AA} и GH^{AB} превосходили своих

сверстников с генотипом GH^{BB} по промерам ширина в маклоках, тазобедренных сочленениях, ширине груди, обхвату груди, следовательно, имели более широко-телый тип конституции.

При изучении фенотипических и генетических корреляций промеров экстерьера и живой массы в возрасте 12 месяцев установлена достоверная положительная связь с высотой в холке ($r_P = +0,13^*$; $r_G = +0,02$) и крестце ($r_P = +0,14^{**}$; $r_G = +0,03$), длиной таза ($r_P = +0,14^{**}$; $r_G = +0,02$).

Полученные результаты по взаимосвязи полиморфизма гена гормона роста с показателями промеров экстерьера и живой массы овец романовской породы могут быть использованы при оценке и отборе животных для дальнейшего совершенствования породной популяции по линейным промерам, массе тела и плодовитости.

Библиографический список

1. Ерохин А.И., Карасев Е.А., Юлдашбаев Ю.А., Ерохин С.А. Состояние и тенденции в развитии овцеводства в мире и в России // Зоотехния. 2020. № 1. С. 5—8. doi: 10.25708/ZT.2019.59.90.003
2. Подойницына Т.А., Кравченко Н.И., Козуб Ю.А. Многоплодие романовских овец как фактор повышения производства баранины // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (45). С. 143—147. doi: 10.18286/1816-4501-2019-1-143-147
3. Костылев М.Н. Многоплодие овец романовской породы разного типа рождения // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 3. С. 26—27. doi: 10.26897/2074-0840-2021-3-26-27
4. Костылев М.Н., Абрамова М.В., Барышева М.С., Ильина А.В., Лапина М.Ю., Косоурова Т.Н., Малина Ю.И., Евдокимов Е.Г. Селекционные и технологические приемы работы с овцами романовской породы: монография. Ярославль: Канцлер, 2020. 152 с.
5. Дейкин А.В., Селионова М.И., Криворучко А.Ю., Коваленко Д.В., Трухачев В.И. Генетические маркеры в мясном овцеводстве // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(5). С. 576—583. doi: 10.18699/VJ16.139
6. Колосов Ю.А., Кобыляцкий П.С., Широкова Н.В., Гетманцева Л.В., Бакоев Н.Ф. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2(42). С. 82—86.
7. Mahdi Z.M., Hadi Y.A., Mnati A.A., Majeed H.H. Genetic variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds // Biochemical and Cellular Archives. 2018. V. 18. P. 1233—1237.
8. Абдулмуслимов А.М., Хожжиков А.А., Бейшова И.С., Юлдашбаев Ю.А., Арилов А.Н., Хатамаев С.А. Анализ полиморфизма генов CAST, GH и GDF9 у овец дагестанской горной породы // Зоотехния. 2020. № 11. С. 5—8. doi: 10.25708/ZT.2020.18.19.002.
9. Лушников В.П., Фетисова Т.О., Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С. Полиморфизм генов соматотропина (GH), кальпастина (CAST), дифференциального фактора роста (GDF 9) у овец татарстанской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 2—3.
10. Скорых Л.Н., Фоминова И.О., Суржикова Е.С., Коваленко Д.В. Полиморфизм генов гормона роста (GH) и кальпастина (CAST) у мясошерстных овец // Главный зоотехник. 2020. № 7. С. 6—11. doi: 10.33920/sel-03-2007-01
11. Nei M., Li W.H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases // Proc Natl Acad Sci USA. 1979. Vol. 76. № 10. P. 5269—5273. doi: 10.1073/pnas.76.105269
12. Контэ А.Ф., Карликова Г.Г. Генетическая изменчивость показателей продуктивности и оценки экстерьера голштинских коров в зависимости от типа телосложения // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9(212). С. 53—62. doi: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-53-62
13. Фейзуллаев Ф.Р., Тимошенко Ю.И., Сабрекова В.В. Линейный рост молодняка овец волгоградской тонкорунной мясо-шерстной породы и ее помесей F3 по северокавказской мясо-шерстной породе // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 4. С. 15—17. doi: 10.26897/2074-0840-2021-4-15-17
14. Selala L.J., Tyasi T.L. Using Morphological Traits to Predict Body Weight of Dorper Sheep Lambs // World Vet. J. 2022. Vol. 12. № 1. Pp. 66—73. doi: 10.54203/scil.2022.wvj9
15. Çilek S., Petkova M. Phenotypic correlations between some body measurements and prediction of body weight of Malya sheep // Bulg. J. Agric. Sci. 2016. № 22 (Suppl. 1). Pp. 99—105.

References

1. Erokhin AI, Karasev EA, Yuldashbaev YA, Erokhin SA. Status and trends in the development of sheep breeding in the world and in Russia. *Zootechniya*. 2020;(1):5—8. (In Russ.). doi: 10.25708/ZT.2019.59.90.003
2. Podoynitsyna TA, Kravchenko NI, Kozub YA. Multiple fetation of Romanovskaya sheep breed as a factor of mutton production increase. *Vestnik of ulyanovsk state agricultural academy*. 2019;(1):143—147. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2019-1-143-147
3. Kostylev MN. Multiple pregnancy of Romanov sheep breeds of different types of birth. *Sheep, goats, wool business*. 2021;(3):26—27. (In Russ.). doi:10.26897/2074-0840-2021-3-26-27
4. Kostylev MN, Abramova MV, Barysheva MS, Ilina AV, Lapyna MY, Kosourova TN. *Selektsionnyye i tekhnologicheskie priemy raboty s ovtami romanovskoy porody* [Breeding and technological methods of working with Romanov sheep]. Yaroslavl: Kantsler publ.; 2020. (In Russ.).
5. Deykin AV, Selionova MI, Krivoruchko AY, Kovalenko DV, Trukhachev VI. Genetic markers in sheep meat breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):576—583. (In Russ.) doi: 10.18699/VJ16.139
6. Kolosov YA, Kobylyazki PS, Shirokova NV, Getmanceva LV, Bakoyev NF. Biotechnological methods of study of growth hormone gene polymorphism. *Agricultural Journal in the Far East Federal District*. 2017;(2):82—86. (In Russ.).
7. Mahdi ZM, Hadi YA, Mnati AA, Majeed HH. Genetic variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds. *Biochemical and Cellular Archives*. 2018;18(Supplement 1):1233—1237.
8. Abdulmuslimov AM, Khozhokov AA, Beyshova IS, Yuldashbaev YA, Arilov AN, Khatataev SA. Analysis of CAST, GH and GDF 9 gene polymorphism in Dagestan mountain breed sheep. *Zootechniya*. 2020;(11):5—8. (In Russ.). doi: 10.25708/ZT.2020.18.19.002.
9. Lushnikov VP, Fetisova TO, Selionova MI, Chizhova LN, Surzhikova ES. Polymorphism of genes of growth hormone (GH) and calpastatin (CAST) in wool-and-meat producing sheep. *Sheep, goats, wool business*. 2020;(1):2—3. (In Russ.).
10. Skorykh LN, Fominova IO, Surzhikova ES, Kovalenko DV. Polymorphism of genes of growth hormone (GH) and calpastatin (CAST) in wool-and-meat producing sheep. *Head of Animal breeding*. 2020;(7):6—11. (In Russ.). doi: 10.33920/sel-03-2007-01
11. Nei M, Li WH. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *PNAS USA*. 1979;76(10):5269—5273. doi:10.1073/pnas.76
12. Konte AF, Karlikova GG. Genetic variability of productivity traits and evaluation of exterior of Holstein cows depending on body type. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2021;(9):53—62. (In Russ.). doi: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-53-62
13. Feyzullaev FR, Timoshenko YI, Sabrekova VV. Linear growth of young sheep of the Volgograd fine-wooled meat and wool breed and its F3 crossbreeds according to the North Caucasian meat and wool breed. *Sheep, goats, wool business*. 2021;(4):15—17. (In Russ.). doi: 10.26897/2074-0840-2021-4-15-17
14. Selala LJ, Tyasi TL. Using Morphological Traits to Predict Body Weight of Dorper Sheep Lambs. *World Vet J*. 2022;12(1):66—73. doi: 10.54203/scil.2022.wvj9
15. Çilek S, Petkova M. Phenotypic correlations between some body measurements and prediction of body weight of Malya sheep. *Bulg J Agric Sci*. 2016; 22(Supplement 1):99—105.

Об авторах:

Абрамова Марина Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и разведения сельскохозяйственных животных, Ярославский НИИЖК — филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 150517, Ярославская область, Ярославский р-н, пос. Михайловский, ул. Ленина, д. 1; e-mail: abramovam2016@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-3085-8844, AuthorID: 899489, SPIN-код: 3329-895

Ильина Анна Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии, Ярославский НИИЖК — филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 150517, Ярославская область, Ярославский р-н, пос. Михайловский, ул. Ленина, д. 1; e-mail: annabilina@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5046-1812, AuthorID: 621944, SPIN-код: 6922-2850

Барышева Мария Сергеевна — старший научный сотрудник лаборатории селекции и разведения сельскохозяйственных животных, Ярославский НИИЖК — филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 150517, Ярославская область, Ярославский р-н, пос. Михайловский, ул. Ленина, д. 1; e-mail: marija.baryshewa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-8140-4976, AuthorID: 718127, SPIN-код: 2110-2140

Малина Юлия Игоревна — старший научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии, Ярославский НИИЖК — филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 150517, Ярославская область, Ярославский р-н, пос. Михайловский, ул. Ленина, д. 1; e-mail: julia.ibiw@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1851-3683, AuthorID: 615318, SPIN-код: 1719-0221

Евдокимов Евгений Георгиевич — научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии, Ярославский НИИЖК — филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», 150517, Ярославская область, Ярославский р-н, пос. Михайловский, ул. Ленина, д. 1; e-mail: skrad200052@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-4265-1173, AuthorID: 977400, SPIN-код: 6429-7888

About authors:

Abramova Marina Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Selection and Breeding of Farm Animals, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production — Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 1 Lenina st., Mikhailovsky vil., Yaroslavl district, Yaroslavl region, 1150517, Russian Federation; e-mail: abramovam2016@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-3085-8844, AuthorID: 899489, SPIN: 3329-895

Ilyina Anna Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production — Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 1 Lenina st., Mikhailovsky vil., Yaroslavl district, Yaroslavl region, 1150517, Russian Federation; e-mail: annabil-ina@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5046-1812, AuthorID: 621944, SPIN: 6922-2850

Barysheva Maria Sergeevna — Senior Researcher, Laboratory for Selection and Breeding of Farm Animals, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production — Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 1 Lenina st., Mikhailovsky vil., Yaroslavl district, Yaroslavl region, 1150517, Russian Federation; e-mail: mari-ja.baryshewa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-8140-4976, AuthorID: 718127, SPIN: 2110-2140

Malina Yuliya Igorevna — Senior Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production — Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 1 Lenina st., Mikhailovsky vil., Yaroslavl district, Yaroslavl region, 1150517, Russian Federation; e-mail: julia.ibiw@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1851-3683, AuthorID: 615318, SPIN: 1719-0221

Evdokimov Evgeny Georgievich — Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production — Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 1 Lenina st., Mikhailovsky vil., Yaroslavl district, Yaroslavl region, 1150517, Russian Federation; e-mail: skrad200052@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-4265-1173, AuthorID: 977400, SPIN: 6429-7888




Ветеринария Veterinary science

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-527-535

УДК 619:616.68–006:636.7

Научная статья / Research article

Морфологическая характеристика лейдигом у собак

А.А. Газин^{1,2}  , Ю.А. Ватников¹ , Е.В. Абрамова² ¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация²Ветеринарный онкологический научный центр — ветеринарная клиника «Биоконтроль»,
г. Москва, Российская Федерация svgazin@yandex.ru

Аннотация. Представлены оценка вариабельности гистологического строения, результаты измерения и сравнения размеров новообразования, полученные путем ультразвукографического исследования и при патологоантомическом осмотре, а также морфометрических размеров ядер и цитоплазмы лейдигом у собак. В исследовании участвовало 35 собак с новообразованиями 46 семенников, где у 11 животных имелись лейдигомы в двух семенниках. В результате измерения размеров данных новообразований с помощью ультразвукографии и при патологоанатомической вырезке были выявлены недостоверные различия ($p > 0,05$), что позволяет использовать оба метода для оценки размеров лейдигом. В нашем исследовании в 50 % случаях у собак лейдигомы выявлялись сразу в обоих семенниках, однако это может быть связано с особенностями выборки и требует дальнейших исследований. Морфологическое исследование в ходе научной работы показало наличие вариативности гистологического строения лейдигом, которая может приводить к неверной интерпретации морфологической картины и постановке неверного диагноза. В частности при выявлении «адипоцитоподобной» морфологии лейдигом они могут иметь морфологическую схожесть с доброкачественным новообразованием из жировой ткани — липомой. Кроме того, было выявлено крайне выраженное различие размеров цитоплазмы (от 23,6 до 148,4 мкм; среднее $66,21 \pm 22,42$ мкм) и ядер (от 9 до 57,6 мкм; среднее $23,19 \pm 7,10$ мкм) в опухолевых клетках, что говорит о наличии выраженного анизоцитоза и анизокариоза, которые должны свидетельствовать об озлокачествлении новообразования, однако на практике и по многочисленным исследованиям лейдигомы исключительно редко метастазируют.

Ключевые слова: опухоли, семенники, лейдигома, морфология, морфометрия, собака

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Газин А.А., Ватников Ю.А., Абрамова Е.В., 2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Вклад авторов: А.А. Газин и Ю.А. Ватников придумали идею и дизайн исследования; Е.В. Абрамова и А.А. Газин осуществляли сбор и обработку материалов; А.А. Газин, Ю.А. Ватников и Е.В. Абрамова выполняли анализ полученных данных; А.А. Газин написал текст статьи. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 13 октября 2022 г., принята к публикации 14 ноября 2022 г.


Для цитирования: Газин А.А., Ватников Ю.А., Абрамова Е.В. Морфологическая характеристика лейдигом у собак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 527—535. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-527-535

Morphological characteristics of testicular interstitial cell tumors in dogs

Aleksey A. Gazin^{1,2}  , Yury A. Vatnikov¹ , Ekaterina V. Abramova² 

¹Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

²Veterinary Oncology Scientific Center — 'Biocontrol' Veterinary Clinic,
Moscow, Russian Federation

 svgazin@yandex.ru

Abstract. The study presents an assessment of variability of histological structure, measurement, and comparison of size of the neoplasm obtained by ultrasonographic examination and pathological examination, as well as the morphometric dimensions of nuclei and cytoplasm of testicular interstitial cell tumors in dogs. The study involved 35 dogs with neoplasms of 46 testes, where 11 animals had interstitial cell tumors in both testes. Insignificant differences of the size of these neoplasms were revealed ($p > 0.05$) using ultrasonography and pathoanatomical measurement methods. Hence, it allows using both methods to assess the size of interstitial cell tumors. In the study, interstitial cell tumor was detected in both testes at once in 50 % of cases in dogs, however, this might be due to specific characteristics of the sample, and further research is required. In the course of scientific work, a morphological study showed the presence of variability in histological structure of interstitial cell tumors, which can lead to incorrect interpretation of the morphological picture and misdiagnosis, e.g. «adipocyte-like» morphology of interstitial cell tumors have morphological similarity to a benign neoplasm from adipose tissue — lipoma. In addition, there was an extremely pronounced difference in size of cytoplasm (from 23.6 to 148.4 μm ; average $66.21 \pm 22.42 \mu\text{m}$) and nuclei (from 9 to 57.6 μm ; average $23.19 \pm 7.10 \mu\text{m}$) in tumor cells. It proves the presence of pronounced anisocytosis and anisokariosis, which should indicate malignancy of the neoplasm, however, testicular interstitial cell tumors extremely rarely metastasize in practice and according to numerous studies.

Key words: tumors, testes, interstitial cell tumors, morphology, morphometry, dog

Conflicts of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Authors contribution. AAG, YAV developed and designed the experiments; EVA, AAG collected the data; AAG, YAV, EVA analyzed the data; AAG wrote the paper. All authors read and approved the final manuscript.

Article history: Received: 13 October February 2022. Accepted: 14 November 2022.

For citation: Gazin AA, Vatikov YA, Abramova EV. Morphological characteristics of testicular interstitial cell tumors in dogs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):527—535. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-527-535

Введение

Лейдигома относится к часто встречаемым новообразованиям у собак, а семенники являются одной из распространенных локализаций опухолей у самцов данного вида животных [1—9]. В семенниках собак чаще всего выявляются герминогенные опухоли, берущие свое начало из стволовых клеток (самая распространенное новообразование из этой группы — семинома), и опухоли полового тяжа, состоящие из клеток Сертоли и клеток Лейдига (сертолиома и лейдигома) [2—5, 8, 10—12].

Данные новообразования имеют различный гистогенез, однако по результатам многих научных работ биологическое поведение семином и сертолиом схоже, метастатические поражения выявляются в до 15 % случаев, когда как у лейдигом описаны редкие единичные случаи выявления метастазов [4, 5, 7, 10, 12, 13—15].

Лейдигомы могут иметь различную морфологическую картину как в архитектонике опухолевой ткани, так и на уровне клеточной и ядерной морфологии [6, 7]. В некоторых случаях лейдигомы могут иметь схожие морфологические признаки с другими новообразованиями различного гистогенеза и локализации, что делает критически необходимым знание возможных вариантов морфологических картин новообразований семенников, в т. ч. и лейдигом [1, 6, 7]. На сегодняшний день дифференциальная диагностика, основанная на морфометрических показателях, достаточно затруднена, и в этой связи **исследование** проводилось с **целью** установления морфологических и морфометрических критериев, встречаемых в лейдигомах у собак, для совершенствования дифференциальной диагностики опухолей семенников.

Материалы и методы исследования

В ветеринарном онкологическом научном центре — ветеринарной клинике «Биоконтроль» (г. Москва) за 2020 г. было гистологически исследовано всего 1876 случаев, из которых 1181 приходились на собак, в т. ч. 602 — на самцов. Из 602 случаев только у 59 самцов собак имелись патологии семенников.

В исследования были включены все лейдигомы семенников от собак, которые проходили обследования (физикальный осмотр и ультразвуковое исследование) и лечение в ветеринарной клинике «Биоконтроль» в 2020 г. Изучены 46 семенников от 35 собак, у которых по результатам гистологического исследования были выявлены лейдигомы. У 11 животных имелись поражения двух семенников. Обследовались собаки возрастом от 5 до 15 лет.

При проведении гистологического исследования семенники, удаленные в ходе хирургического вмешательства — орхифуниклоэктомии, фиксировались 24 часа в 10% нейтрально-забуферном формалине, после чего проходили стандартную гистологическую обработку (с использованием изопропилового спирта как дегидратанта и просветляющего агента), в результате которой были получены гистологические препараты толщиной 4 мкм, окрашенные гематоксилин-эозином согласно

инструкции фирмы-производителя. Морфологически оценивались паттерны роста, отмечались характерные дополнительные признаки лейдигомы (выраженная васкуляризация), а также клеточная морфология, согласно критериям, опубликованным в различных ветеринарных патологических источниках [6, 7].

Ультрасонографическое исследование (УЗИ) проводилось на аппарате Philips Affiniti 70, микроконвексным датчиком С8—5. Морфологическое и морфометрическое исследования опухолевых клеток проводили с помощью тринокулярного микроскопа Motic Panthera U с камерой Moticam Wi-Fi. При оценке размера ядер и цитоплазмы во всех лейдигомах случайным образом выбирались поля зрения при увеличении $\times 400$ (объективы $\times 10/20$) и у 100 опухолевых клеток в каждом случае определялся наибольший диаметр структуры с использованием программного обеспечения Motic Images Plus. Анизокариоз оценивался субъективно у 200 клеток и считался выраженным при наличии ядер, отличающихся друг от друга в размере в два и более раза, в случайно выбранных полях зрения при увеличении $\times 400$.

Статистический анализ проводился с использованием программы BioStat (AnalystSoft Inc., California, United States).

Результаты исследования и обсуждение

По статистике к самым распространенным новообразованиям семенников у собак относятся опухоли полового тяжа, в частности, самой встречаемой опухолью является лейдигома [2—5, 8, 10]. Семинома и сертолима по различным источникам занимают второе и третье место [2—5, 8, 10]. Мы выполнили за 2020 г. орхиэктомию у 59 собак и исследовали 106 семенников. Из 106 случаев только в 46 были обнаружены лейдигомы по результату гистологического исследования. В остальных случаях выявлены другие новообразования семенников: семиномы и сертолиома, а также некоторые неопухолевые патологии.

Только для 33 лейдигом была доступна информация о локализации в семеннике. В левом семеннике было выявлено 4 лейдигомы (18,18 %); в правом семеннике — 7 лейдигом (32,82 %); одновременно и в левом, и в правом — 11 лейдигом (50 %). В нашем исследовании лейдигомы у собак чаще выявлялись одновременно в правом и левом семенниках. Однако по результатам других исследований не обнаружено зависимости частоты возникновения лейдигом у собак от расположения семенников в мошонке [2, 6]. В данном случае более вероятно, что полученный нами результат связан с неоднородностью выборки для исследования и преобладанием лейдигом как в правом, так и в левом семенниках у пациентов в данный период времени.

В ходе УЗИ 46 семенников с лейдигомами были определены размеры новообразований, которые составили от 3 до 33 мм (среднее — $11,53 \pm 8,05$ мм). При патологоанатомическом исследовании представленные лейдигомы имели размеры от 1 до 29 мм (среднее — $8,94 \pm 6,93$ мм). В результате однофакторного дисперсионного исследования (рис.) было выявлено, что представленные различия в размерах лейдигом у самцов собак, определяемых при УЗИ и па-

тологоанатомическом исследовании, являются недостоверными ($p > 0,05$). Следовательно, УЗИ позволяет в достаточной мере точно определить размер лейдигом при сравнении показателей с патологоанатомическим измерением данных новообразований.

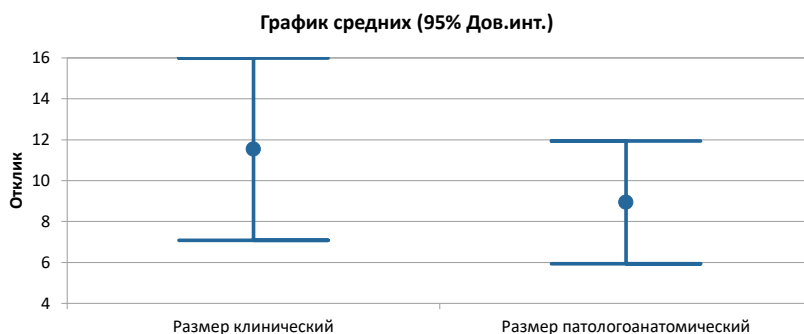
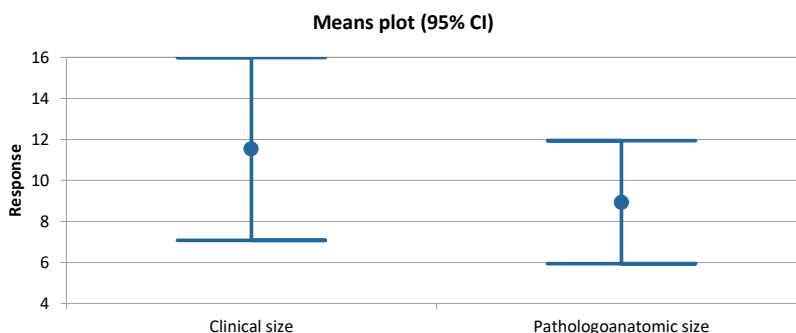


График средних значений размеров, измеренных клинически и патологоанатомически: различия между двумя методами измерения являются недостоверными ($p > 0,05$)



Mean clinical and pathological measurements showing that the differences between the two measurement methods are not significant ($p > 0.05$)

На момент проведения исследования во всех 46/46 случаях не были обнаружены признаки отдаленного метастазирования и рецидивного роста лейдигом.

При патологоанатомическом исследовании в 46/46 семенниках выявлены макроскопически новообразования. При проведении патологоанатомической вырезки 34/46 лейдигомы имели на разрезе цвет различных оттенков желтого (желтый, серо-желтый и светло-желтый), тогда как у 12/46 выявились оттенки коричневого или бежевого (светло-коричневый, светло-бежевый цвет). У 23/46 лейдигом выявлены участки геморрагий: от мелких единичных — многоочаговых — до крупных очаговых и местно-распространенных. У 23/46 лейдигом выявлены кистозные полости: от мелких единичных или множественных до крупных. Выявляемые кистозные полости выстланы опухолевыми клетками Лейдига и иногда заполнены

эозинофильным материалом. В 4 случаях в лейдигомах выявлены как геморрагии, так и кистозные полости.

Выявляемые геморрагии, более вероятно, связаны с обильным количеством сосудов, которые являются дополнительной характеристикой лейдигом [6, 7]. Предполагается нарушение целостности сосудов и/или нарушение опухолевого ангиогенеза, которые приводят к интратуморальным геморрагиям, однако требуется дополнительное исследование данного процесса для уточнения этиологии геморрагии в лейдигомах. Кистозные полости, выявляемые в лейдигомах, могут быть связаны с некрозами участков опухолей, так как образующиеся кисты имеют выстилку из прилегающих опухолевых клеток Лейдига с соответствующей архитектоникой тканей [6, 7].

При морфологическом исследовании на светооптическом уровне с использованием лабораторного микроскопа было выявлено, что у 46/46 лейдигом имелся сходный паттерн роста с формированием гнезд и трабекул опухолевых клеток, разделенных ветвящимися кровеносными капиллярами. Опухолевые клетки в 46/46 случаях имели полигональную эозинофильную зернистую цитоплазму, в 41/46 случаях выявлялась вакуолизация клеток с множественными оптически прозрачными вакуолями различного размера. В 2/46 случаях цитоплазма большинства опухолевых клеток была замещена одной крупной оптически прозрачной вакуолью, которая оттесняла ядро на периферию. В 3/46 лейдигом в цитоплазме опухолевых клеток визуализировался желтовато-коричневый пигмент. Цитоплазма имела размеры от 23,6 до 148,4 мкм (среднее — $66,21 \pm 22,42$ мкм). Разница между максимальным и минимальным размерами цитоплазмы составила 124,8 мкм. Ядерная морфология была схожа во всех 46 лейдигомах: форма ядер была округлая или овальная. Анизокариоз являлся выраженным в 37/46 лейдигом. Размер ядер варьировал при измерении от 9 до 57,6 мкм (среднее — $23,19 \pm 7,10$ мкм). Разница между средним максимальным и минимальным размерами ядер в лейдигомах составила 48,6 мкм. Ядерно-цитоплазматическое соотношение в среднем составило 2,9. В 9/46 лейдигомах визуализировались внутриядерные включения.

Во всех представленных в данном исследовании лейдигомах выявлялся схожий паттерн роста — формирование гнезд и трабекул из опухолевых клеток, кроме того, во всех случаях были представлены ветвящиеся кровеносные капилляры, что соотносится с описанными в научных работах находками [6, 7, 9]. По данным морфологическим находкам можно констатировать, что опухолевые клетки лейдигом чаще имеют схожую морфологию с нормальными клетками Лейдига, однако, в небольшом количестве случаев возможно появление «адипоцитоподобных» клеток, имеющих оптически прозрачную вакуоль, оттесняющую ядро на периферию [6]. В последнем случае возможна неверная интерпретация морфологических находок и постановка неверного диагноза — липомы.

Исходя из полученных морфометрических данных, можно сделать вывод, что размеры цитоплазмы и ядер могут значительно варьировать (табл.). В ряде случаев возможно выявление выраженного анизокариоза, однако, по имеющимся литературным данным, несмотря на возможную атипичность, лейдигомы исключи-

тельно редко метастазируют, но требуется дальнейшее исследование ассоциации клеточной атипии с прогнозом [6, 10, 12, 13]. Требуется выяснение точной природы внутриядерных включений, обнаруженных в описанном исследовании [6].

Результаты статистической обработки морфометрических данных, полученные в ходе исследования лейдигом у самцов собак

Параметры	Возраст	Размер патологоанатомический	Размер клинический	Ядра	Цитоплазма
Среднее	10,39	8,94	11,53	23,2	66,21
Стандартное отклонение	2,45	6,93	8,05	7,11	22,42
Медиана	10,0	7,0	10,0	21,7	62,6
Минимум	5,0	1,0	3,0	9,0	23,6
Максимум	5,0	29,0	33,0	57,6	148,4

Results of statistical processing of morphometric data obtained during the study of testicular interstitial cell tumors in male dogs

Parameters	Age	Pathologoanatomic size	Clinical size	Nuclei	Cytoplasm
Mean	10.39	8.94	11.53	23.2	66.21
Standard deviation	2.45	6.93	8.05	7.11	22.42
Median	10.0	7.0	10.0	21.7	62.6
Minimum	5.0	1.0	3.0	9.0	23.6
Maximum	5.0	29.0	33.0	57.6	148.4

Заключение

В ходе исследования описаны морфологические и морфометрические критерии, характерные для лейдигом у собак и позволяющие улучшить морфологическую диагностику данного новообразования. Показано, что измерение размера лейдигом у собак с помощью ультрасонографического и макроскопического методов имеют незначительные различия ($p > 0,05$), что позволяет использовать оба метода в рутинной практике.

Была описана нетипичная и относительно редкая морфология лейдигомы с «адипоцитоподобными» клетками, которую необходимо принимать во внимание из-за схожести морфологического строения с доброкачественными опухолями жировой ткани — липомами. Морфометрический анализ показал значительную вариацию в размере цитоплазмы (от 23,6 до 148,4 мкм; среднее — $66,21 \pm 22,42$ мкм) и ядер (от 9 до 57,6 мкм; среднее — $23,19 \pm 7,10$ мкм) среди опухолевых клеток лейдигом. Несмотря на выраженные анизоцитоз и анизокариоз, в 59/59 случаях не были выявлены признаки отдаленного метастазирования и местного рецидивирования, что не позволяет судить об атипии клеток лейдигом как о признаке озлокачествления.

Библиографический список / References

1. Gazin AA, Lisitskaya KV, Vatnikov YA, Kornushenkov EA. Incidence and differential diagnosis for canine testicular tumors. *Bulletin of KSAU*. 2021;(7):152–157. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2021-7-152-157
Газин А.А., Лисицкая К.В., Ватников Ю.А., Корнюшенков Е.А. Инцидентность и дифференциальная диагностика опухолей семенников у собак // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 7 (172). С. 152–157. doi: 10.36718/1819-4036-2021-7-152-157
2. Gazin AA, Vatnikov YA, Sturov NV, Kulikov EV, Grishin V, Krotova EA, Razumova AA, Rodionova NY, Troshina NI, Byakhova VM, Lisitskaya KV. Canine testicular tumors: An 11-year retrospective study of 358 cases in Moscow Region, Russia. *Veterinary World*. 2022;15(2):483–487. doi: 10.14202/vetworld.2022.483-487
3. Grieco V, Riccardi E, Greppi GF, Teruzzi F, Iermano V, Finazzi M. Canine testicular tumours: a study on 232 dogs. *Journal of Comparative Pathology*. 2008;138(2–3):86–89. doi: 10.1016/j.jcpa.2007.11.002
4. Liao AT, Chu PY, Yeh LS, Lin CT, Liu CH. A 12-year retrospective study of canine testicular tumors. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2009;71(7):919–923. doi: 10.1292/jvms.71.919
5. Manuali E, Forte C, Porcellato I, Brachelente C, Sforna M, Pavone S, Ranciati S, Morgante R, Crescio IM, Ru G, Mechelli L. A five-year cohort study on testicular tumors from a population-based canine cancer registry in central Italy (Umbria). *Preventive Veterinary Medicine*. 2020;185:105201. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105201
6. Maxie MG. *Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals: Volume 3*. 6th ed. London: Elsevier health sciences; 2015.
7. Meuten DJ. (ed.) *Tumors in domestic animals*. 5th ed. John Wiley & Sons; 2016.
8. Nascimento HH, Santos AD, Prante AL, Lamego EC, Tondo LA, Flores MM, Figuera RA, Kommerset GD. Testicular tumors in 190 dogs: clinical, macroscopic and histopathological aspects. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2020;40(7):525–535. doi: 10.1590/1678-5150-PVB-6615
9. Vail DM, Thamm DH, Liptak J. (eds.) *Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology*. 6th ed. Elsevier Health Sciences; 2019.
10. Kudo T, Kamiie J, Aihara N, Doi M, Sumi A, Omachi T, Shirota K. Malignant Leydig cell tumor in dogs: two cases and a review of the literature. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2019;31(4):557–561. doi: 10.1177/1040638719854791
11. Nødtvedt A, Gamlem H, Gunnes G, Grotmol T, Indrebø A, Moe L. Breed differences in the proportional morbidity of testicular tumours and distribution of histopathologic types in a population-based canine cancer registry. *Veterinary and Comparative Oncology*. 2011;9(1):45–54. doi: 10.1111/j.1476-5829.2010.00231.x
12. Togni A, Rütten M, Rohrer Bley C, Hurter K. Metastasized Leydig cell tumor in a dog. *Schweiz Arch Tierheilkd*. 2015;157(2):111–115. doi: 10.17236/sat00010
13. Canadas A, Romão P, Gärtner F. Multiple cutaneous metastasis of a malignant Leydig cell tumour in a dog. *Journal of Comparative Pathology*. 2016;155(2–3):181–184. doi: 10.1016/j.jcpa.2016.05.012
14. Orlandi R, Vallesi E, Boiti C, Polisca A, Bargellini P, Troisi A. Characterization of testicular tumor lesions in dogs by different ultrasound techniques. *Animals*. 2022;12(2):210. doi: 10.3390/ani12020210
15. Doxsee AL, Yager JA, Best SJ, Foster RA. Extratesticular interstitial and Sertoli cell tumors in previously neutered dogs and cats: a report of 17 cases. *The Canadian Veterinary Journal*. 2006;47(8):763–766.

Об авторах:

Газин Алексей Алексеевич — аспирант департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ветеринарный врач — гистолог отделения патоморфологической диагностики, ветеринарный онкологический научный центр — ветеринарная клиника «Биоконтроль», Российская Федерация, 115522, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24, стр. 10; e-mail: svgazin@ya.ru
ORCID: 0000-0001-7168-8744; SPIN-код: 3662-3322

Ватников Юрий Анатольевич — доктор ветеринарных наук, профессор, директор департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: vatnikov_yua@rudn.university
ORCID: 0000-0003-0036-3402; SPIN-код: 2726-8270

Абрамова Екатерина Витальевна — ветеринарный врач — цитолог отделения патоморфологической диагностики, ветеринарный онкологический научный центр — ветеринарная клиника «Биоконтроль», Российская Федерация, 115522, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24, стр. 10; e-mail: dementeva98kate@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8989-5071

About authors:

Gazin Aleksey Alekseevich — postgraduate student, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; veterinarian-histologist, Department of Pathomorphological Diagnostics, Veterinary Oncological Research Center — 'Biocontrol' Veterinary Clinic, 24/10 Kashirskoe highway, Moscow, 115522, Russian Federation; e-mail: svgazin@ya.ru

ORCID: 0000-0001-7168-8744; SPIN: 3662-3322

Vatnikov Yury Anatolyevich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director of the Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: vatnikov_yua@rudn.university

ORCID: 0000-0003-0036-3402; SPIN: 2726-8270








Abramova Ekaterina Vitalievna — Veterinarian-cytologist, Department of Pathomorphological Diagnostics, Veterinary Oncological Research Center — 'Biocontrol' Veterinary Clinic; 24/10 Kashirskoe highway, Moscow, 115522, Russian Federation; e-mail: dementeva98kate@mail.ru

ORCID: 0000-0001-8989-5071

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-536-545
УДК 57:619:591.2


Научная статья / Research article

Зараженность мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области иксодовыми клещами

И.Г. Гламаздин¹ , А.В. Ткачев^{2,3}  , О.Л. Ткачева² ,
Е.А. Кротова³ , С.Г. Друковский³ , А.К. Петров³ 

¹Московский государственный университет пищевых производств,
г. Москва, Российская Федерация

²Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Российская Федерация

³Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 sasha_sashaola@mail.ru

Аннотация. Грызуны — одна из самых больших групп существующих млекопитающих, известно более 2270 видов, что составляет почти 42 % общего биоразнообразия млекопитающих, имеющих всемирное распространение (за исключением Антарктиды и некоторых островов). Они хорошо приспособлены к различным средам обитания и, как известно, чаще всего сосуществуют вблизи людей и животноводческих комплексах при их глобальном расселении. Цель исследования — изучить зараженность иксодовыми клещами мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области, прилегающих к животноводческим и птицеводческим комплексам и фермам. Исследование выполняли с 2019 по 2022 гг. Экстенсивность инвазии мышевидных грызунов, обнаруженных в лесных массивах вблизи сельскохозяйственных комплексов и ферм Белгородской области, наблюдалась нами на мышах вида *Sylvaemus sylvaticus*, что на 13,26 % больше ($P < 0,05$) от зараженности вида *Sylvimus flavicollis*, и на 24,33 % более ($P < 0,01$) от экстенсивности инвазии по виду мышей *Apodemus agrarius*. Интенсивность инвазии по преимагинальным (личинкам и нимфам) стадиям клещей *Ixodes ricinus* имела широкие колебания в зависимости от вида синантропного грызуна. Так, наибольшим данный показатель был отмечен нами по виду мышей *Sylvaemus sylvaticus*, что на 8,73 % больше ($P < 0,001$) от вида *Sylvimus flavicollis* и на 13,56 % больше от вида мышей *Apodemus agrarius*. Максимальная зараженность самцов синантропных видов мышей составила 31 особь по виду *Sylvaemus sylvaticus*, 19 особей клещей по виду *Sylvimus flavicollis* и 9 паразитов по виду *Apodemus agrarius*. Интенсивность инвазии синантропных мышей была самой высокой в летние месяцы (с июля по август) и несколько снижалась осенью. Осенью 41,2 % исследованных грызунов были поражены клещами, при этом преобладали личинки *Ixodes ricinus*. Личинки и нимфы иксодовых клещей вида *Ixodes ricinus* чаще были прикреплены в области головы грызунов (преимущественно на ушах) — 82 %, реже на других частях тела — 18 %. Меньшее количество клещей было подкреплено на шее, туловище, лапках, иногда обнаруживали паразитов на хвосте мышей.

© Гламаздин И.Г., Ткачев А.В., Ткачева О.Л., Кротова Е.А., Друковский С.Г., Петров А.К., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>








Ключевые слова: мышевидные грызуны, иксодовые клещи, интенсивность инвазии, экстенсивность инвазии

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 17 августа 2022 г., принята к публикации 19 сентября 2022 г.


Для цитирования: Гламаздин И.Г., Ткачев А.В., Ткачева О.Л., Кротова Е.А., Друковский С.Г., Петров А.К. Зараженность мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области иксодовыми клещами // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 536—545. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-536-545

Infestation of mice with ixodid ticks in forests of Belgorod region

Igor G. Glamazdin¹ , Aleksandr V. Tkachev^{2,3}  , Olga L. Tkacheva² ,
Elena A. Krotova³ , Stanislav G. Drukovskiy³ , Aleksandr K. Petrov³ 

¹Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

²Russian State Agrarian University—Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

 sasha_sashaola@mail.ru

Abstract. Rodents are one of the largest groups of existing mammals and number more than 2,270 known species, which is almost 42 % of the total biodiversity of worldwide-distributed mammals (except Antarctica and some islands). They are well adapted to various habitats and are known to live alongside people and livestock complexes. The purpose of the study was to study infestation of mice with ixodid ticks in forests of the Belgorod region adjacent to livestock and poultry farms. The study was carried out in 2019—2022. The extensiveness of mice infestation was observed in *Sylvaemus sylvaticus* species, which was 13.26 % higher ($P < 0.05$) than in *Sylvimus flavicollis*, and 24.33 % higher ($P < 0.01$) than in *Apodemus agrarius*. The intensity of infestation with preimaginal (larvae and nymphs) stages of *Ixodes ricinus* ticks had wide fluctuations depending on the type of synanthropic rodent. Thus, the highest intensity was noted in *Sylvaemus sylvaticus* mice, which was 8.73 and 13.56 % higher ($P < 0.001$) compared to *Sylvimus flavicollis* and *Apodemus agrarius* mice, respectively. The maximum infestation of male synanthropic mouse species was 31 ticks in *Sylvaemus sylvaticus*, 19 ticks in *Sylvimus flavicollis*, and 9 ticks in *Apodemus agrarius*. The intensity of infestation in synanthropic mice was the highest in the summer months (from July to August) and decreased slightly in autumn. In autumn, 41.2 % of the examined rodents were infested with ticks, the predominant species was *Ixodes ricinus* (larvae). Larvae and nymphs of *Ixodes ricinus* ticks were more often attached to rodents in the head area (mainly on the ears)—82 %, less often on other parts of the body—18 %. A smaller number of ticks were present on neck, body, legs, sometimes parasites were found on tail.

Keywords: mice, ixodid ticks, intensity of infestation, extensity of infestation

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 17 August 2022. Accepted: 19 September 2022.

For citation: Glamazdin IG, Tkachev AV, Tkacheva OL, Krotova EA, Drukovskiy SG, Petrov AK. Infestation of mice with ixodid ticks in forests of Belgorod region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):536—545. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-536-545

Введение

Грызуны составляют одну из самых больших групп существующих млекопитающих, в ней насчитывается более 2270 известных видов, что составляет почти 42 % общего биоразнообразия млекопитающих, имеющих всемирное распространение (за исключением Антарктиды и некоторых островов). Грызуны хорошо приспособлены к различным средам обитания и при глобальном расселении популяции на новые ареалы, как известно, чаще всего сосуществуют вблизи людей и в животноводческих комплексах. Таким образом, они заселяются и адаптируются во всех местах куда попадают, что значительно влияет на все биоразнообразие и вызывает негативные последствия для человеческой деятельности. В современном контексте глобальных изменений (изменение землепользования, урбанизация) возникают особенно благоприятные условия для распространения разных видов грызунов за пределы их природного ареала, особенно благодаря их синантропному родству. В связи с этим рост городского населения в мире приведет к важным экологическим и санитарным изменениям, особенно связанным с синантропными видами грызунов [1—3].

Известно, что грызуны являются резервуарными хозяевами более 58 зоонозных заболеваний, опасных для домашних и сельскохозяйственных животных, и играют важную роль в их передаче и распространении инфекций разными путями. Среди важнейших трансмиссивных заболеваний опасных для животных и человека такие как лейшманиоз, бабезиоз, клещевая рецидивизирующая лихорадка, бартонеллез, болезнь Лайма, эрлихиоз и др. [4—7].

Установлено, что заболеваемость животных и людей связана с ростом популяций мелких млекопитающих как резервуарных хозяев. Поэтому актуальность проведения исследований для понимания связи между экологией хозяев позвоночных и заболеваниями животных и человека не вызывает сомнений. Трансмиссивные болезни сельскохозяйственных животных могут передаваться грызунами, поэтому они широко изучаются по всему миру¹ [8—12].

По результатам исследований мышевидных грызунов установлено, что большинство из них активно участвует в цикле развития иксодовых клещей и являются резервуарными хозяевами возбудителей трансмиссивных болезней.

Цель исследования — изучить зараженность иксодовыми клещами мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области, прилегающих к животноводческим и птицеводческим комплексам и фермам. Задачи исследования: установить видовой спектр мышевидных грызунов лесных массивов Белгородской области; установить их зараженность иксодовыми клещами.

¹ Определитель мышевидных млекопитающих (отряды Насекомоядные, Грызуны) Среднего Поволжья: методическое пособие / сост. Н.В. Быстракова, О.А. Ермаков, С.В. Титов. Пенза: изд-во ПГПУ, 2008. 56 с.

Материал и методы исследований

Исследование выполняли с 2019 по 2022 гг. в лесных хозяйствах Белгородской области, прилегающих к животноводческим и птицеводческим комплексам и фермам. Во всех лесных массивах наблюдали лиственно-хвойные породы деревьев и множество диких птиц и зверей. Учет и исследование мышевидных грызунов проводили по двум направлениям — учет видового состава и численности; при этом учитывали их возраст и пол. Для сравнения данных об обильности вида и для массового сбора использовали общепринятые подходы к учету мышевидных грызунов. Для исследований использовали специальные «живоловки», сохранявшие жизнь грызунам. После идентификации и проработки (обзора, подсчета, определения пола и возраста) грызунов отпускали на свободу¹.

Для определения роли мышевидных грызунов в цикле развития иксодовых клещей и природных резервуаров возбудителей трансмиссивных болезней определяли видовой состав мелких грызунов, численность, возраст, пол по общепринятым подходам к их учету¹. На девяти участках размером 100×100 м выставляли ловушки с приманкой в линию по 20 штук. Таковую линию закладывали в пределах однородной местности, выдерживая между смежными ловушками расстояние 5 м. Ловушки экспонировали двое суток: с раннего вечера до следующего позднего вечера, то есть охватывали периоды активности мышевидных грызунов. Проверку ловушек проводили один раз в сутки — утром, после восхода солнца. Выловленных мелких грызунов исследовали на наличие личинок, нимф, имаго клещей *Ixodes ricinus* [13—16].

Математико-статистические расчеты результатов ветеринарно-паразитологических исследований осуществляли по общепринятым формулам критерия Стьюдента в компьютерной программе SPSS for Windows (IBM, USA).

Результаты исследований и обсуждение

По результатам исследований выявлено, что в прилегающих к животноводческим комплексам и фермам лесных массивах Белгородской области, чаще всего отлавливали три вида: мышь европейская (*Sylvaemus sylvaticus*), мышь желтогорлая (*Sylvimus flavicollis*) и мышь полевая (*Apodemus agrarius*). Всего отловили 871 грызуна, из них 183 *Sylvaemus sylvaticus*, 271 *Sylvimus flavicollis* и 417 особей *Apodemus agrarius*. Наибольшая экстенсивность инвазии иксодовыми клещами установлена нами у *Sylvaemus sylvaticus*. Этот вид мышей обитает не только в лесу, но и в парках, полях, в садах, на огородах, а также вблизи животноводческих и птицеводческих ферм и комплексов. Личинок и нимф *Ixodes ricinus* мы обнаруживали на 160 мышевидных грызунах *Sylvaemus sylvaticus*, что составляет экстенсивность инвазии 87,43 % (табл.).

Зараженность мышеподобных грызунов клещами *Ixodes ricinus*

Вид грызуна	Количество отловленных особей	Из них заражено клещами <i>Ixodes ricinus</i> (личинки/нимфы)	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии (M±m)
Мышь европейская (<i>Sylvaemus sylvaticus</i>)	183	160 (64/96)	87,43	18,72 ± 0,57
Мышь желтогорлая (<i>Sylvimus flavicollis</i>)	271	201 (78/123)	74,17	9,99 ± 0,49*
Мышь полевая (<i>Apodemus agrarius</i>)	417	263 (107/156)	63,1	5,16 ± 0,19*
Всего	871	624 (249/375)	71,64	10,19 ± 0,32*

Примечание. *P < 0,001 в сравнении с *Sylvaemus sylvaticus*.

Infestation of mice with *Ixodes ricinus* ticks

Rodent species	Number of trapped individuals	Rodents infested with <i>Ixodes ricinus</i> (larvae/nymphs)	Infestation extensity, %	Infestation intensity (M±m)
Wood mouse (<i>Sylvaemus sylvaticus</i>)	183	160 (64/96)	87.43	18.72 ±0.57
Yellow-necked mouse (<i>Sylvimus flavicollis</i>)	271	201 (78/123)	74.17	9.99 ±0.49*
Striped field mouse (<i>Apodemus agrarius</i>)	417	263 (107/156)	63.1	5.16 ±0.19*
Total	871	624 (249/375)	71.64	10.19 ±0.32*

Note: *P < 0.001 compared to *Sylvaemus sylvaticus*.

Анализируя данные таблицы, можно заключить, что наибольшая экстенсивность инвазии наблюдалась нами на мышах вида *Sylvaemus sylvaticus*, что на 13,26 % больше (P<0,05) зараженности вида *Sylvimus flavicollis* и на 24,33 % больше (P<0,01) экстенсивности инвазии по виду мышей *Apodemus agrarius*.

Интенсивность инвазии по преимагинальным (личинкам и нимфам) стадиям клещей *Ixodes ricinus* имела широкие колебания в зависимости от вида синантропного грызуна. Так, наибольшим данный показатель был отмечен нами по виду мышей *Sylvaemus sylvaticus*, что на 8,73 больше (P < 0,001), чем у вида *Sylvimus flavicollis* и на 13,56 больше, чем у вида мышей *Apodemus agrarius*.

Личинки и нимфы клеща вида *Ixodes ricinus* массово паразитировали на мышевидных грызунах в течение всего периода исследования. В течение года мышь желтогорлая и европейская были постоянно заражены почти на 80...90 %, но интенсивность инвазии осенью уменьшалась в несколько раз по сравнению с лет-

ним периодом. Интенсивность поражения самцов мышей была в 1,61 раза выше в сравнении с самками.

Установлено, что в Белгородской области вблизи сельскохозяйственных комплексов и ферм максимальная зараженность самцов синантропных видов мышей составила 31 особь по виду *Sylvaemus sylvaticus*, 19 особей клещей по виду *Sylvimus flavicollis* и 9 паразитов по виду *Apodemus agrarius*. Нами показано, что интенсивность инвазии синантропных мышей была самой высокой в летние месяцы (с июля по август) и несколько снижалась осенью. Осенью 41,2 % исследованных грызунов были поражены клещами, при этом преобладали личинки *Ixodes ricinus*.

Вид синантропных грызунов *Apodemus agrarius* был наиболее многочисленным в лесных массивах вблизи различных отраслей сельскохозяйственного производства в Белгородской области. В отличие от этого вида *Sylvaemus sylvaticus* предпочитал обитать в притененных участках леса с кустарниковой растительностью вблизи воды. Поражены клещами были более 80 % особей, что, связано с меньшей подвижностью и меньшими размерами этих мышей по сравнению с *Sylvimus flavicollis*. У мыши полевой *Apodemus agrarius* экстенсивность инвазии составляла менее 65 %. У обычной полевки при более низкой интенсивности инвазии снижение пораженности популяции осенью происходило преимущественно за счет экстенсивности. Пик интенсивности инвазии у мышей в лесных массивах вблизи животноводческих комплексов и ферм наблюдался нами в августе, а у полевки — июле.

В популяциях синантропных видов *Sylvaemus sylvaticus* и *Sylvimus flavicollis* слабая инвазированность наблюдалась у одиночных особей, большинство же были достаточно сильно заражены иксодовыми клещами. Личинки и нимфы иксодовых клещей вида *Ixodes ricinus* чаще были прикреплены на грызунах в области головы (преимущественно на ушах) — 82 %, реже на других частях тела — 18 %. Меньшее количество клещей было подкреплено на шее, туловище, лапках, иногда обнаруживали паразитов на хвосте мышей.

Иногда на грызунах обнаруживались высохшие личинки и реже нимфы клещей *Ixodes ricinus*. В большинстве случаев они были прикреплены в области головы, иногда на туловище. По сравнению с другими иксодовыми клещами *Ixodes ricinus* отличается наибольшей устойчивостью к высыханию [6, 8]. Количество обнаруженных высохших особей варьировало в зависимости от сезона исследования и больше всего мы их обнаруживали в конце августа — начале сентября.

Известно, что после прикрепления к хозяину у личинок и нимф возникает интенсивная потеря воды за счет испарений, что связано с нарушением водонепроницаемости покровов клещей. Из литературы известно, что большое значение имеет температура и условия испарения на разных участках тела хозяина: при низкой относительной влажности личинки прикрепляются на более закрытых участках тела, покрытых волосками [11, 12, 16]. Наши экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что условия внешней среды в лесных массивах Белгородской области, а именно температура и влажность, имеют значительное влияние на выживаемость преимагинальных стадий иксодовых клещей.

В возрастной динамике синантропных мышей установлено, что все молодые мышевидные грызуны были менее инвазированы, чем более старые особи. С возрастом происходит усиление интенсивности инвазии мышей в лесных массивах Белгородской области. С момента выхода из нор молодые особи мышевидных грызунов поражаются клещами, контактируя с растительностью. Следует отметить, что исследования, проведенные в лесных массивах Белгородской области, позволяют охарактеризовать роль мышевидных грызунов как хозяев преимагинальных стадий развития иксодовых клещей и отметить отдельные особенности их инвазированнойности. Как хозяева преимагинальных стадий *Ixodes ricinus* особенно преобладают виды мышей *Sylvaemus sylvaticus* и *Sylvimus flavicollis*, несколько меньший вклад от обычной полевки *Apodemus agrarius*.

Численность популяции мышевидных грызунов в лесных массивах Белгородской области достигает максимума в конце лета или начале осени. Этот пик коррелирует с пиком плотности преимагинальных стадий клещей *Ixodes ricinus*, что и показано в наших исследованиях, а также коррелирует с исследованиями других ученых в России и Европе. Наименьшее количество мышевидных грызунов наблюдалось нами ранней весной. В этот период среди иксодовых клещей выявлена наибольшая численность взрослых стадий развития, не требующих промежуточных хозяев — грызунов, поскольку, как правило, в этих стадиях клещи паразитируют на больших млекопитающих (виды, которые не имеют таких ежегодных колебаний численности популяции). Таким образом, происходит синхронизация развития клещей *Ixodes ricinus* и численности популяции мышевидных грызунов, благодаря чему они являются их важными хозяевами. Наши исследования совпадают с данными других авторов, удостоверяющих связь клещей *Ixodes ricinus* с численностью и активностью мышевидных грызунов [10, 12, 16].

Таким образом, нами подтверждена гипотеза о том, что небольшие или многочисленные группы мышевидных грызунов в лесных массивах вблизи животноводческих ферм и комплексов могут обеспечить условия паразитирования определенным локальным популяциям иксодовых клещей в окружающей синантропной среде.

Заключение

Экстенсивность инвазии мышевидных грызунов, обнаруженных в лесных массивах вблизи сельскохозяйственных комплексов и ферм Белгородской области, была наибольшей на мышах вида *Sylvaemus sylvaticus*, что на 13,26 % больше ($P < 0,05$) зараженности вида *Sylvimus flavicollis* и на 24,33 % больше ($P < 0,01$) экстенсивности инвазии по виду мышей *Apodemus agrarius*. Интенсивность инвазии по преимагинальным (личинкам и нифам) стадиям клещей *Ixodes ricinus* имела широкие колебания в зависимости от вида синантропного грызуна. Так, наибольшим данный показатель был отмечен нами по виду мышей *Sylvaemus sylvaticus*, что на 8,73 больше ($P < 0,001$), чем у вида *Sylvimus flavicollis* и на 13,56 выше, чем у вида мышей *Apodemus agrarius*. Максимальная зараженность самцов синантропных видов мышей составила 31 особь по виду *Sylvaemus sylvaticus*, 19 особей

клещей по виду *Sylvimus flavicollis* и 9 паразитов по виду *Apodemus agrarius*. Интенсивность инвазии синантропных мышей была самой высокой в летние месяцы (с июля по август) и несколько снижалась осенью. Осенью 41,2 % исследованных грызунов были поражены клещами, при этом преобладали личинки *Ixodes ricinus*. Личинки и нимфы иксодовых клещей вида *Ixodes ricinus* чаще были прикреплены на грызунах в области головы (преимущественно на ушах) — 82 %, реже на других частях тела — 18 %. Меньшее количество клещей было подкреплено на шее, туловище, лапках, иногда обнаруживали паразитов на хвосте мышей.

Библиографический список

1. Беспятова Л.А., Бугмырин С.В. О распространении Европейского лесного клеща *Ixodes Ricinus* (Acarina, Ixodidae) в Республике Карелия (Россия) // Зоологический журнал. 2021. Т. 100. № 7. С. 745—755. doi: 10.31857/S0044513421070035
2. Шутова О.В., Михеев В.А. Мышевидные грызуны окрестностей города Димитровград: видовой состав, динамика численности, зараженность // Наука Online. 2018. № 2 (3). С. 14—26.
3. Изварин Е.П., Зыков С.В., Фоминых М.А. Желтогорлая мышь (*Sylvaemus Flavicollis*, Muridae) — новый вид в фауне млекопитающих Свердловской области // Зоологический журнал. 2013. Т. 92. № 3. С. 371—376. doi: 10.7868/S0044513413010066
4. Abdad M.Y., Abou Abdallah R., Fournier P.E., Stenos J., Vasoo S. A concise review of the epidemiology and diagnostics of Rickettsioses: Rickettsia and Orientia spp. // Journal of Clinical Microbiology. 2018. № 56 (8). P. e01728—17. doi: 10.1128/JCM.01728-17
5. Ерофеева В.В., Масленикова О.В. Обыкновенная полевка (*Microtus Arvalis*) и ее роль в поддержании зоонозов на урбанизированных территориях в Вятско-Камском междуречье // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2013. № 3. С. 2306—2310.
6. Adaszek L., Martinez A.C., Winiarczyk S. The factors affecting the distribution of babesiosis in dogs in Poland // Veterinary parasitology. 2011. № 181 (2—4). P. 160—165. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.03.059
7. Jacob S.S., Sengupta P.P., Paramanandham K., Suresh K.P., Chamuah J.K., Rudramurthy G.R., Roy P. Bovine babesiosis: An insight into the global perspective on the disease distribution by systematic review and meta-analysis // Veterinary parasitology. 2020. № 283. P. 109136. doi: 10.1016/j.vetpar.2020.109136
8. Grigoryeva L.A., Stanyukovich M.K. Differential diagnosis of *Ixodes Ricinus* and *Ixodes Persulcatus*: nymphs and larvae // Experimental and Applied Acarology. 2018. № 75. P. 97—106. doi: 10.1007/s10493-018-0244-0
9. Mierzejewska E.J., Dwuznik D., Koczwarska J., Stanczak L., Opalinska P., Krokowska-Paluszak M., Wierzbicka A., Gorecki G., Bajer A. The red fox (*Vulpes vulpes*), a possible reservoir of *Babesia vulpes*, *B. canis* and *Hepatozoon canis* and its association with the tick *Dermacentor reticulatus* occurrence // Ticks and Tick-borne Diseases 2020. Vol. 12. № 1. P. 101551. doi: 10.1016/j.ttbdis.2020.101551
10. Kovalev S.Y., Mukhacheva T.A. AN Improved real-time PCR method to identify hybrids between *Ixodes Persulcatus* and *Ixodes Ricinus* ticks // Ticks and Tick-borne Diseases. 2018. Vol. 9. № 1. P. 37—38. doi: 10.1016/j.ttbdis.2017.10.011
11. Mateos-Hernandéz L., Defaye B., Šimo L., Vancová M., Hajdusek O., Sima R., Park Y., Attoui H. Cholinergic axons regulate type I acini in salivary glands of *Ixodes Ricinus* and *Ixodes Scapularis* ticks // Scientific Reports. 2020. № 10 (1). P. 16054. doi: 10.1038/s41598-020-73077-1
12. Корзиков В.А., Васильева О.Л., Коралло-Винарская Н.П., Медведев С.Г. Гамазовые клещи (*Gamasina*), связанные с мелкими наземными позвоночными на юге Нечерноземного Центра России (Калужская область) // Паразитология. 2021. Т. 55. № 2. С. 101—124. doi: 10.31857/S0031184721020034
13. Газзаві-Рогозіна Л.В., Ткачов О.В., Ткачова О.Л., Бурлака І.С. Метод визначення зараженості продуктів запасу комахами та кліщами. Патент на корисну модель UKR UA 134094, 25.04.2019. Заявка № u201812971 от 27.12.2018.
14. Газзаві-Рогозіна Л.В., Ткачов О.В., Дьоміна Є.В., Набока О.І., Філіпцова О.В., Бурлака І.С. Метод епізоотичної оцінки місцевості щодо іксодових кліщів. Патент на корисну модель UKR UA 119639, 25.09.2017. Заявка № u201705111 от 25.05.2017.
15. Газзаві-Рогозіна Л.В., Ткачов О.В., Дьоміна Є.В., Ткачова О.Л. Спосіб епізоотичної оцінки місцевості щодо окрилених комарів. Патент № UA 119493 С 2. № а 2017 0794; заявл. 31.07.2017.

16. Сироткин М.Б., Коренберг Э.И. Термальные константы развития клещей *Ixodes Persulcatus* и *Ixodes Ricinus*, определяющие продолжительность их жизненного цикла и распространение // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 3. С. 256—261. doi: 10.31857/S0044513422030126

References

1. Bespyatova LA, Bugmyrin ST. On the distribution of the castor bean tick, *Ixodes ricinus* (Acarina, Ixodidae), in the republic of Karelia, Russia. *Zoologicheskij zhurnal*. 2021;100(7):745—755. (In Russ.). doi: 10.31857/S0044513421070035
2. Shutova OV, Mikheev VA. Mouse-like rodents in vicinity of Dimitrovgrad: species, population dynamics, infestation. *Science Online*. 2018;(2):14—26.
3. Izvarin IP, Zykov SV, Fominykh MA. Yellow-necked mouse (*Sylvaemus flavicollis*, muridae) is a new species in the mammal fauna of the Sverdlovsk region. *Zoologicheskij zhurnal*. 2013;92(3):371—376. (In Russ.). doi: 10.7868/S0044513413010066
4. Abdad MY, Abou Abdallah R, Fournier PE, Stenos J, Vasoo S. A concise review of the epidemiology and diagnostics of Rickettsioses: *Rickettsia* and *Orientia* spp. *Journal of Clinical Microbiology*. 2018;56(8):e01728—17. doi: 10.1128/JCM.01728-17.
5. Erofeeva VV, Maslennikova OV. The common vole (*Microtus arvalis*) and its role in maintaining zoonoses in urbanized territories in the Vyatka-Kama interfluvium. *Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal Kontsept*. 2013;3:2306—2310. (In Russ.).
6. Adaszek L, Martinez AC, Winiarczyk S. The factors affecting the distribution of babesiosis in dogs in Poland. *Veterinary parasitology*. 2011;181(2—4):160—165. doi: 10.1016/j.vetpar.2011.03.059.
7. Jacob SS, Sengupta PP, Paramanandham K, Suresh KP, Chamuah JK, Rudramurthy GR, et al. Bovine babesiosis: An insight into the global perspective on the disease distribution by systematic review and meta-analysis. *Veterinary parasitology*. 2020;283:109136. doi: 10.1016/j.vetpar.2020.109136
8. Grigoryeva LA, Stanyukovich MK. Differential diagnosis of *Ixodes Ricinus* and *Ixodes Persulcatus*: nymphs and larvae. *Experimental and Applied Acarology*. 2018;75(1):97—106. doi: 10.1007/s10493-018-0244-0
9. Mierzejewska EJ, Dwuznik D, Koczwarska J, Stanczak L, Opalinska P, Krokowska-Paluszak M, et al. The red fox (*Vulpes vulpes*), a possible reservoir of *Babesia vulpes*, *B. canis* and *Hepatozoon canis* and its association with the tick *Dermacentor reticulatus* occurrence. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2020;12(1):101551. doi: 10.1016/j.ttbdis.2020.101551
10. Kovalev SY, Mukhacheva TA. An Improved real-time PCR method to identify hybrids between *Ixodes Persulcatus* and *Ixodes Ricinus* ticks. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2018;9(1):37—38. doi: 10.1016/j.ttbdis.2017.10.011
11. Mateos-Hernández L, Defaye B, Šimo L, Vancová M, Hajdusek O, Sima R, Park Y, Attoui H. Cholinergic axons regulate type I acini in salivary glands of *Ixodes ricinus* and *Ixodes scapularis* ticks. *Scientific Reports*. 2020;10(1):16054. doi: 10.1038/s41598-020-73077-1
12. Kozikov VA, Vasilyeva OL, Korralo-Vinarskaya NP, Medvedev SG. Gamasid mites associated with small terrestrial vertebrates in the south of central Non-Black Earth region of Russia (Kaluga region). *Parazitologiya*. 2021;55(2):101—124. (In Russ.). doi: 10.31857/S0031184721020034
13. Gazzavi-Rogozina LV, Tkachev AV, Tkacheva OL, Burlaka IS. *Metod opredeleniya zarazhennosti produktov zapasa nasekomymi i kleshchami* [Method of determining contamination of food stock with mosquitoes and ticks]. Patent UKR UA, no. 134094, 2019. (In Ukr.).
14. Gazzavi-Rogozin LV, Tkachev AV, Dyomina KV, Naboika OT, Filiptsova OV, Burlaka VS. *Metod epizooticheskoi otsenki mestnosti po iksodovym kleshcham* [Method for epizootic terrain assessment by *Ixodes* ticks]. Patent UKR UA, 119639, 2017. (In Ukr.).
15. Gazzavi-Rogozin LV, Tkachev AV, Dyomina KV, Tkacheva OL. *Sposob epizooticheskoi otsenki mestnosti po okrylennym komaram* [Method for epizootic terrain assessment by winged mosquitoes]. Patent UKR UA, 119493 C2, 2017. (In Ukr.).
16. Sirotkin MB, Korenberg EI. Thermal constants of the development of *Ixodes persulcatus* and *Ixodes ricinus* ticks, which determine the duration of their life cycle and their distributions. *Zoologicheskij zhurnal*. 2022;101(3):256—261. (In Russ.). doi: 10.31857/S0044513422030126

Об авторах:

Гламаздин Игорь Геннадьевич — доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой ветеринарной медицины института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности,

Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП), Российская Федерация, г. Москва, ул. Волоколамское шоссе, д. 11; e-mail: glamazdin @yandex.ru
ORCID: 0000-0001-7119-906X

Ткачев Александр Владимирович — доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Технологический колледж, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 14, стр. 6; доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов (РУДН), Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: sasha_sashaola@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7721-5742

Ткачева Ольга Леонидовна — кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель Технологического колледжа, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 127434, Российская Федерация, г. Москва, Прянишникова, д. 14, стр. 6; e-mail: tkacheva.olga2017@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5573-6117

Кротова Елена Александровна — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов (РУДН), Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: krotova-ea@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1771-6091

Друковский Станислав Геннадьевич — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: drukovskiy-sg@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-2556-6636

Петров Александр Константинович — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: petrov-ak@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-6152-4655

About authors:

Glamazdin Igor Gennadievich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Medicine, Institute of Veterinary Medicine, Veterinary Sanitary Expertise and Agricultural Safety, Moscow State University of Food Production, 11/B Volokolamsk highway, Moscow, 125080, Russian Federation; e-mail: Glamazdin @yandex.ru
ORCID: 0000-0001-7119-906X

Tkachev Aleksandr Vladimirovich — Doctor of Agricultural Sciences, Senior researcher, lecturer, Technological College, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 14/6 Pryanishnikova str., 127434, Moscow, Russian Federation; Associate Professor; Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: sasha_sashaola@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7721-5742

Tkacheva Olga Leonidovna — Candidate of Agricultural Sciences, lecturer, Technological College, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 14/6 Pryanishnikova str., 127434, Moscow, Russian Federation; e-mail: tkacheva.olga2017@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5573-6117

Krotova Elena Aleksandrovna — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: krotova-ea@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1771-6091

Drukovskiy Stanislav Gennadievich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: drukovskiy-sg@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-2556-6636

Petrov Aleksandr Konstantinovich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: petrov-ak@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-6152-4655

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-546-554
УДК 619:615.9:614.95

Научная статья / Research article


Микотоксикологический мониторинг кормов и его роль в профилактике микотоксикозов животных

В.И. Дорожкин¹ , Т.В. Герунов²  , И.А. Симонова³, Л.К. Герунова² ,
Я.О. Крючек² , А.А. Тарасенко² , Е.А. Чигринский⁴ 

¹Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, г. Москва, Российская Федерация

²Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск, Российская Федерация

³Омская областная ветеринарная лаборатория, г. Омск, Российская Федерация

⁴Омский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Омск, Российская Федерация
tv.gerunov@omgau.org

Аннотация. Микотоксины могут накапливаться в сырье растительного происхождения на разных технологических этапах его получения. Чаще всего продуцентами микотоксинов являются грибы родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и некоторых других. Клинические симптомы микотоксикозов существенно варьируют, при этом возможны летальные исходы. По данной причине микотоксикологическое исследование разных видов кормов в условиях производства — обязательный компонент ветеринарного сопровождения промышленного животноводства. Проведен ретроспективный анализ результатов микотоксикологического исследования кормов для разных видов животных в Омской области в период с 2017 по 2021 г. Все корма, поступившие за 5 лет в Омскую областную ветеринарную лабораторию для определения микотоксинов, исследованы на наличие охратоксина А, зеараленона, Т-2 токсина, афлатоксина В1, дезоксиниваленола. Установлено, что почти 70 % исследуемых образцов содержат микотоксины, в 74 пробах был превышен их максимально допустимый уровень. Превышение допустимых уровней отмечено по содержанию Т-2 токсина (34 пробы), зеараленона (27 проб) охратоксина А (6 проб), афлатоксина В1 (4 пробы) и дезоксиниваленола (3 пробы). Наибольшее количество случаев контаминации регистрировали при исследовании комбикормов и кормосмесей. Наибольшую опасность представляет множественная контаминация кормов микотоксинами. При этом возрастает риск развития коморбидных состояний и распространения оппортунистических инфекций.

Ключевые слова: микотоксины, корма для животных, охратоксин, зеараленон, Т-2 токсин, афлатоксин, дезоксиниваленол, микотоксикозы, коморбидные состояния, оппортунистические инфекции

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: В.И. Дорожкин — общее руководство, подготовка рукописи; Т.В. Герунов — концептуализация, разработка методологии исследования, подготовка рукописи; Л.К. Герунова — написание

© Дорожкин В.И., Герунов Т.В., Симонова И.А., Герунова Л.К., Крючек Я.О., Тарасенко А.А., Чигринский Е.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>








рукописи, редактирование рукописи; И.А. Симонова, Я.О. Крючек, А.А. Тарасенко, Е.А. Чигринский — систематизация данных, подготовка первоначального варианта рукописи, подбор литературы.

Благодарности. Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МД-2435.2022.5).

История статьи: поступила в редакцию 10 октября 2022 г., принята к публикации 7 ноября 2022 г.

Для цитирования: Дорожкин В.И., Герунов Т.В., Симонова И.А., Герунова Л.К., Крючек Я.О., Тарасенко А.А., Чигринский Е.А. Микотоксикологический мониторинг кормов и его роль в профилактике микотоксикозов животных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 546—554. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-546-554

Mycotoxicological monitoring of feed and its role in prevention of animal mycotoxicoses

Vasily I. Dorozhkin¹ , Taras V. Gerunov²  , Irina A. Simonova³,
Liudmila K. Gerunova² , Yana O. Kryuchek² , Anna A. Tarasenko² ,
Eugene A. Chigrinski⁴ 

¹Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology — Branch of Skryabin and Kovalenko Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine of RAS, Moscow, Russian Federation

²Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation

³Omsk Regional Veterinary Laboratory, Omsk, Russian Federation

⁴Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

*tv.gerunov@omgau.org

Abstract. Mycotoxins can accumulate in raw materials of plant origin at different technological stages of its production. Most often, the producers of mycotoxins are fungi of the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* and some others. The clinical symptoms of mycotoxicoses vary significantly, and lethal outcomes are possible. For this reason, the mycotoxicological study of various types of feed under production conditions is an indispensable component of veterinary support of industrial animal husbandry. As part of this study, a retrospective analysis of the results of a mycotoxicological study of feed for different animal species was carried out in the Omsk region in 2017—2021. All feeds received by the Omsk Regional Veterinary Laboratory for 5 years for the determination of mycotoxins were examined for the presence of ochratoxin A, zearalenone, T-2 toxin, aflatoxin B 1, deoxynivalenol. It was established that almost 70 % of the studied samples contained mycotoxins, including their maximum allowable level was exceeded in 74 samples. Exceeding the permissible levels was noted for the content of T-2 toxin (34 samples), zearalenone (27 samples), ochratoxin A (6 samples), aflatoxin B 1 (4 samples) and deoxynivalenol (3 samples). The largest number of cases of contamination was recorded in the study of feed and feed mixtures. The greatest danger is the multiple contamination of feed with mycotoxins. This increases the risk of developing comorbid conditions and the spread of opportunistic infections.

Keywords: mycotoxins, animal feed, ochratoxin, zearalenone, T-2 toxin, aflatoxin, deoxynivalenol, mycotoxicosis, comorbid conditions, opportunistic infections

Funding. The work was performed under the Grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists (MD-2435.2022.5.).

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Authors contribution: VID, TVG developed and designed the experiments; IAS, YOK, AAT, EAC collected and analyzed the data; VID, TVG, LKG wrote the paper.

Article history: Received: 10 October 2022. Accepted: 7 November 2022.

For citation: Dorozhkin VI, Gerunov TV, Simonova IA, Gerunova LK, Kryuchek YO, Tarasenko AA, Chigrinski EA. Mycotoxicological monitoring of feed and its role in prevention of animal mycotoxicoses. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):546–554. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-546-554

Введение

Микотоксины являются токсичными вторичными метаболитами микроскопических грибов [1, 2]. Они имеют низкую молекулярную массу, различаются по химической природе и способны накапливаться в сырье растительного происхождения на разных технологических этапах его получения [3]. При поступлении в организм в низких дозах оказывают выраженное токсическое действие. Чаще всего продуцентами микотоксинов являются грибы родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Claviceps* и некоторых других [4, 5]. Некоторые грибы способны продуцировать несколько микотоксинов. При этом отдельные микотоксины продуцируются разными видами грибов. Токсикологические свойства наиболее распространенных микотоксинов хорошо изучены. В зависимости от дозы и длительности их поступления в организм животных изменения в клиническом статусе варьируют от едва уловимых до ярко выраженных со снижением продуктивности и развитием летальных исходов [6]. Этим обусловлена необходимость нормирования микотоксинов в кормах для животных и продуктах питания для человека [7]. Один из обязательных элементов в системе профилактики микотоксикозов — микотоксикологическое исследование кормов, предназначенных для использования в животноводстве — позволяет принимать своевременные управленческие решения, направленные на минимизацию влияния микотоксинов на здоровье животных [8, 9].

Цель исследования — провести ретроспективный анализ результатов микотоксикологического исследования кормов (2017—2021 гг.) на примере Омской области.

Материалы и методы исследования

За указанный период были исследованы пробы комбикормов, кормосмесей, зерна, зерносмесей и других кормов. Отбор проб и их подготовку к исследованию проводили по ГОСТ 13496.0, ГОСТ 13586.3, ГОСТ 13979.0, ГОСТ 27668, ГОСТ 27262¹. Средние пробы измельчали до порошкообразного состояния, размол средних проб рассыпных и гранулированных кормов проводили по ГОСТ 13979.0. Определение микотоксинов проводили по ГОСТ 31653—2012 «Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов» с использованием анализатора иммуноферментных реакций «Униплан» АИФР-01 и тест-систем AgraQuant (Romer Labs).

¹ ГОСТ 13496.0—2016. Межгосударственный стандарт. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб.

ГОСТ 13586.3—2015. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб.

ГОСТ 13979.0—86. Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Правила приемки и методы отбора проб.

ГОСТ 27668—88. Мука и отруби. Приемка и методы отбора проб.

ГОСТ 27262—87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб.

Результаты исследований и обсуждение

Проведена систематизация данных, полученных за период с 2017 по 2021 г. на базе БУ Омской области «Омская областная ветеринарная лаборатория». За пять лет было исследовано 2915 проб кормов, из них с содержанием микотоксинов в пределах максимально допустимых уровней (МДУ) было выявлено 1960 проб, с превышением МДУ — 74 пробы, т.е. 69,8 % анализируемых проб было контаминировано микотоксинами. Наибольшее количество проб с превышением МДУ было обнаружено среди образцов, контаминированных Т-2 токсином (34 пробы) и зеараленоном (27 проб) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты микотоксикологического исследования кормов в 2017–2021 гг.

Микотоксин	Количество проб, содержащих микотоксины в пределах МДУ / количество проб с превышением МДУ	Содержание микотоксина в пробе, мг/кг		МДУ, мг/кг
		Минимальное	Максимальное	
OTA	320 / 6	0,0040	0,058	0,01
ZEA	386 / 27	Менее 0,02	0,86	Супоросным свиноматкам не допускается, на откорме – 0,1; коровам – 0,2
T-2	451 / 34	0,020	0,46	0,1
AFB1	445 / 4	0,002	0,053	0,05
DON	358 / 3	0,02	1,08	1,0

Примечание: OTA – охратоксин А; ZEA – зеараленон; T-2 – Т-2 токсин; AFB1 – афлатоксин В 1; DON – дезоксиниваленол.

Table 1

Results of mycotoxicological study of feed (2017–2021)

Mycotoxin	The number of samples containing mycotoxins within the maximum allowable levels / the number of samples exceeding the maximum allowable levels	Content of mycotoxin in the sample, mg/kg		Maximum allowable levels, mg/kg
		Minimum	Maximum	
OTA	320 / 6	0.0040	0.058	0.01
ZEA	386 / 27	< 0.02	0.86	Pregnant sows are not allowed, fattening – 0.1; cows – 0.2
T-2	451 / 34	0.020	0.46	0.1
AFB1	445 / 4	0.002	0.053	0.05
DON	358 / 3	0.02	1.08	1.0

Note. OTA – ochratoxin A; ZEA – zearalenone; T-2 – T-2 toxin; AFB1 – aflatoxin B 1; DON – deoxynivalenol.

При исследовании комбикормов Т-2 токсин обнаружен в 217 пробах в пределах МДУ и в 9 пробах с превышением МДУ. Уровень зеараленона превысил МДУ в 15 пробах комбикормов. В 140 пробах зерна был обнаружен афлатоксин В1 в пределах МДУ. Превышение МДУ по содержанию Т-2 токсина было зафиксировано в 11 пробах зерна и зерносмеси. В прочих кормах, в том числе концентрированных, преобладают зеараленон (118 проб) и Т-2 токсин (127 проб). Уровни этих микотоксинов превышают МДУ в 11 и 14 пробах прочих кормов соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ контаминации разных видов кормов микотоксинами (2017–2021 гг.)

Пробы	Количество проб с содержанием микотоксинов в пределах МДУ / с превышением МДУ				
	T-2	ZEA	OTA	AFB 1	DON
Комбикорм, кормосмесь	217/9	174/15	138/0	210/2	181/1
Зерно, зерносмесь	107/11	94/1	80/0	140/0	82/0
Прочие концентрированные корма	60/6	86/4	49/1	72/0	57/0
Прочие корма	67/8	32/7	53/5	23/2	38/2
Всего	451/34	386/27	320/6	445/4	358/3

Примечание: OTA – охратоксин А; ZEA – зеараленон; T-2 – Т-2 токсин; AFB1 – афлатоксин В 1; DON – дезоксиниваленол.

Table 2

Comparative analysis of contamination of different types of feed with mycotoxins (2017–2021)

Samples	Number of samples containing mycotoxins within the maximum allowable levels / exceeding the maximum allowable levels				
	T-2	ZEA	OTA	AFB 1	DON
Compound feed, feed mixture	217/9	174/15	138/0	210/2	181/1
Grain, grain mixture	107/11	94/1	80/0	140/0	82/0
Other concentrated feed	60/6	86/4	49/1	72/0	57/0
Other feed	67/8	32/7	53/5	23/2	38/2
Total	451/34	386/27	320/6	445/4	358/3

Note. OTA – ochratoxin A; ZEA – zearalenone; T-2 – T-2 toxin; AFB1 – aflatoxin B 1; DON – deoxynivalenol.

Полученные результаты свидетельствуют о контаминации существенной доли кормов в Омской области микотоксинами. Аналогичная ситуация отмечена в целом на территории России, Беларуси и Украины [10], рассматриваемых авторами цитируемой работы как регион Восточной Европы. Дезоксиниваленол был обнаружен в 59,9 % образцов, а Т-2 токсин — в 48,2 % образцов, зеараленон и охратоксин А выявлены в 42,5 и 36,4 % проб соответственно.

Проведенное исследование продемонстрировало еще одну проблему — множественную контаминацию кормов микроскопическими грибами. Это вызывает опасение даже в случае низких уровней (ниже МДУ) содержания отдельных микотоксинов. При этом высока степень риска потенцирования их нежелательных эффектов [11], развития коморбидных состояний со снижением эффективности адаптационно-компенсаторных механизмов. По этой причине возрастает роль изучения особенностей взаимодействия микотоксинов в ассоциациях и разработки новых принципов их нормирования при сочетанной контаминации кормов для животных и продуктов питания для человека.

Широкое распространение микотоксинов политропного действия представляет угрозу для иммунной системы животных. Доказано наличие множественных изменений в разных звеньях иммунной системы при воздействии микотоксинов [12]. На фоне иммуносупрессии может возрастать частота возникновения инфекционных заболеваний, в т. ч. оппортунистических. Это представляет особую опасность для промышленного животноводства с большой концентрацией поголовья. Рост заболеваемости может привести к интенсификации применения антимикробных лекарственных средств, накоплению их остаточных количеств в продуктах животного происхождения, развитию антибиотикорезистентности у микроорганизмов, форсированному развитию механизмов передачи патогенов от животных к человеку и другим последствиям, влияющим на общественное здоровье. При этом, по оценкам ряда исследователей прогнозируется все возрастающее поражение зерновых микотоксинами [13].

Заключение

Высокая частота встречаемости микотоксинов, в т. ч. в составе ассоциаций в разных видах кормов для животных, обуславливает повышенные угрозы здоровью животных даже при наличии данных токсикантов в допустимых концентрациях. Сочетанное действие микотоксинов в комбинации с другими стресс-факторами создает предпосылки для развития аддитивных и синергетических эффектов в организме. Это обуславливает повышенные риски для промышленного животноводства в условиях невозможности замены больших объемов контаминированного корма. При этом микотоксины способны мигрировать по пищевым цепям. Глобальный характер проблемы, невозможность эффективного предупреждения контаминации растительного сырья микотоксинами, их сочетанное присутствие в кормах для животных требуют интеграции оценки риска микотоксикозов и моделей прогнозирования влияния микотоксинов на животных и человека, что приобретает особую значимость в условиях изменяющегося климата, экономических потрясений и санкционного противостояния, в т. ч. в сфере научной кооперации.

Библиографический список

1. Герунова Л.К., Герунов В.И., Корнейчук Д.В. Профилактика микотоксикозов в животноводстве // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3(31). С. 36–43.
2. Овчинников Р.С., Капустин А.В., Лаишевцев А.И., Савинов В.А. Микотоксины и микотоксикозы животных — актуальная проблема сельского хозяйства // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2018. № 1 (25). С. 114–123. doi: 10.25725/vet.san.hyг.ecol.201801020
3. Ефимочкина Н.Р., Седова И.Б., Шевелева С.А., Тутельян В.А. Токсигенные свойства микроскопических грибов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 6–33. doi: 10.17223/19988591/45/1
4. Герунов Т.В., Герунова Л.К., Тарасенко А.А., Лапухова В.А. Секвестранты микотоксинов: избирательность действия и побочные эффекты // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (46). С. 79–84. doi: 10.48136/2222-0364_2022_2_79
5. Agriopoulou S., Stamatelopolou E., Varzakas T. Advances in Occurrence, Importance, and Mycotoxin Control Strategies: Prevention and Detoxification in Foods // Foods. 2020. Vol. 9. № 2. P. 137. doi: 10.3390/foods9020137
6. Berry C.L. The pathology of mycotoxins // J Pathol. 1988. Vol. 154. № 4. P. 301–311. doi: 10.1002/path.1711540405
7. Zmudzki J., Wiśniewska-Dmytrow H. Limits and regulations for mycotoxins in food and feed // Pol J Vet Sci. 2004. Vol. 7. № 3. P. 211–216.
8. Кононенко Г.П., Буркин А.А., Зотова Е.В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 1. Полнораціонные комбикорма для свиней и птицы (2009–2018 гг.) // Ветеринария сегодня. 2020. № 1 (32). С. 60–65. doi: 10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65
9. Кононенко Г.П., Зотова Е.В., Буркин А.А. Опыт микотоксикологического обследования зернофуражных культур // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 958–967. doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.958rus
10. Gruber-Dorninger C., Jenkins T., Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey // Toxins (Basel). 2019. Vol. 11. № 7. P. 375. doi: 10.3390/toxins11070375
11. Kifer D., Jakšić D., Šegvić Klarić M. Assessing the Effect of Mycotoxin Combinations: Which Mathematical Model Is (the Most) Appropriate? // Toxins (Basel). 2020. Vol. 12. № 3. P. 153. doi: 10.3390/toxins12030153
12. Oswald I.P., Marin D.E., Bouhet S., Pinton P., Taranu I., Accensi F. Immunotoxicological risk of mycotoxins for domestic animals // Food Addit Contam. 2005. Vol. 22. № 4. P. 354–360. doi: 10.1080/02652030500058320
13. Chhaya R.S., O'Brien J., Cummins E. Feed to fork risk assessment of mycotoxins under climate change influences — recent developments // Trends in Food Science & Technology. 2022. Vol. 126. P. 126–141. doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.040

References

1. Gerunova LK, Gerunov VI, Kornejchuk DV. Prevention of mycotoxicosis in livestock. *Vestnik of Omsk SAU*. 2018;(3):36–43. (In Russ.).
2. Ovchinnikov RS, Kapustin AV, Laishevtsev AI, Savinov VA. Mycotoxins and mycotoxicoses of animals as an actual problem of agriculture. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2018;(1):114–123. (In Russ.). doi: 10.25725/vet.san.hyг.ecol.201801020
3. Efimochkina NR, Sedova IB, Sheveleva SA, Tutelyan VA. Toxigenic properties of mycotoxin-producing fungi. *Vestnik of Tomsk SAU. Biology*. 2019;(45):6–33. (In Russ.). doi: 10.17223/19988591/45/1
4. Gerunov TV, Gerunova LK, Tarasenko AA, Lapuhova VA. Mycotoxin sequestrants: selectivity and side effects. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022;(2):79–84. (In Russ.). doi: 10.48136/2222-0364_2022_2_79
5. Agriopoulou S, Stamatelopolou E, Varzakas T. Advances in Occurrence, Importance, and Mycotoxin Control Strategies: Prevention and Detoxification in Foods. *Foods*. 2020;9(2):137. doi: 10.3390/foods9020137
6. Berry CL. The pathology of mycotoxins. *The Journal of Pathology*. 1988;154(4):301–311. doi: 10.1002/path.1711540405
7. Zmudzki J, Wiśniewska-Dmytrow H. Limits and regulations for mycotoxins in food and feed. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2004;7(3):211–216.
8. Kononenko GP, Burkin AA, Zotova EV. Mycotoxicological monitoring. Part 1. Complete mixed feed for pigs and poultry (2009–2018). *Veterinary Science Today*. 2020;(1):60–65. (In Russ.). doi: 10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65

9. Kononenko GP, Zotova EV, Burkin AA. Advances in Mycotoxicological Research of Forage Grain Crops. *Agricultural Biology*. 2021;56(5):958–967. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.958rus
10. Gruber-Dorminger C, Jenkins T, Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins*. 2019;11(7):375. doi: 10.3390/toxins11070375
11. Kifer D, Jakšić D, Šegvić Klarić M. Assessing the Effect of Mycotoxin Combinations: Which Mathematical Model Is (the Most) Appropriate? *Toxins*. 2020;12(3):153. doi: 10.3390/toxins12030153
12. Oswald IP, Marin DE, Bouhet S, Pinton P, Taranu I, Accensi F. Immunotoxicological risk of mycotoxins for domestic animals. *Food Addit Contam*. 2005;22(4):354–360. doi: 10.1080/02652030500058320
13. Chhaya RS, O'Brien J, Cummins E. Feed to fork risk assessment of mycotoxins under climate change influences—recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;126:126–141. doi: 10.1016/j.tifs.2021.07.040

Об авторах:

Дорожкин Василий Иванович — доктор биологических наук, профессор, академик РАН, руководитель научного направления, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, Российская Федерация, 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5; e-mail: vniivshe@mail.ru

ORCID: 0000-0003-1188-4449, SPIN: 4884-4580

Герунов Тарас Владимирович — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 1; e-mail: tv.gerunov@omgau.org

ORCID: 0000-0002-5594-2666, SPIN: 7487-6107

Симонова Ирина Александровна — кандидат ветеринарных наук, заведующая химико-токсикологическим отделом, Омская областная ветеринарная лаборатория, Российская Федерация, 644031, г. Омск, ул. 10 лет Октября, стр. 203А; e-mail: omvetlabhim@mail.ru

SPIN: 6824-5093

Герунова Людмила Карповна — доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 1; e-mail: lk.gerunova@omgau.org

ORCID: 0000-0003-0835-9352, SPIN: 8736-2264

Крючек Яна Олеговна — аспирант, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 1; e-mail: yao.kryuchek36.06.01@omgau.org

ORCID: 0000-0003-0808-9911, SPIN: 2843-7878

Тарасенко Анна Александровна — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 1; e-mail: aa.tarasenko@omgau.org

ORCID: 0000-0001-7314-9998, SPIN: 6824-5093

Чигринский Евгений Александрович — кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, Омский государственный медицинский университет, Российская Федерация, 644099, г. Омск, ул. Ленина, д. 12; e-mail: chigrinski@list.ru

ORCID: 0000-0002-0844-4090, SPIN: 4203-5817

About authors:

Dorozhkin Vasily Ivanovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Scientific Direction, Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology — Branch of Skryabin and Kovalenko Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, 5 Zvenigorodskoe highway, Moscow, 123022, Russian Federation; e-mail: vniivshe@mail.ru

ORCID: 0000-0003-1188-4449, SPIN: 4884-4580

Gerunov Taras Vladimirovich— Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russian Federation; e-mail: tv.gerunov@omgau.org

ORCID: 0000-0002-5594-2666, SPIN: 7487-6107

Simonova Irina Aleksandrovna— Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Chemical-Toxicological Department, Omsk Regional Veterinary Laboratory, 203A 10 years of October st., Omsk, 644031, Russian Federation; e-mail: omvetlabhim@mail.ru

SPIN: 6824-5093

Gerunova Lyudmila Karповna— Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russian Federation; e-mail: lk.gerunova@omgau.org

ORCID: 0000-0003-0835-9352, SPIN: 8736-2264

Kryuchek Yana Olegovna— post-graduate student, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russian Federation; e-mail: yao.kryuchek36.06.01@omgau.org

ORCID: 0000-0003-0808-9911, SPIN: 2843-7878

Tarassenko Anna Alexandrovna— Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russian Federation; e-mail: aa.tarassenko@omgau.org

ORCID: 0000-0001-7314-9998, SPIN: 6824-5093

Chigrinski Eugene Alexandrovich— Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biochemistry, Omsk State Medical University, 12 Lenin st., Omsk, 644099, Russian Federation; e-mail: chigrinski@list.ru

ORCID: 0000-0002-0844-4090, SPIN: 4203-5817




DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-555-566

УДК 636.5 034

Научная статья / Research article

Оценка микробного разнообразия слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров при введении кумарина и кормового антибиотика в рацион

Г.К. Дускаев  , К.С. Лазебник , Т.А. Климова 

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, г. Оренбург, Российская Федерация
 gduskaev@mail.ru

Аннотация. В современных условиях существует необходимость поиска альтернатив антибиотикам в связи с растущей резистентностью микроорганизмов. Перспективной заменой могут выступать растительные экстракты, которые благодаря своим биологическим функциям могут подавлять развитие различных процессов, связанных с патогенностью и вирулентностью, в частности, процесс *Quorum sensing*. Цель исследования — оценка биоактивности 7,8-дигидрокси-4-метилкумарина и 20% хлортетрациклина по отношению к микробному разнообразию слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров. Для эксперимента были сформированы 4 группы цыплят-бройлеров. Контрольная группа получала рацион без добавок (основной рацион (ОР)); I группа — ОР + 20% хлортетрациклин в дозировке 0,63 г/кг ж.м./сут, II группа — ОР + 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин в дозе 9,0 мкг/кг ж.м./сут; III группа — ОР + 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин + 20% хлортетрациклин. В качестве метода исследования использовалось NGS гена 16S рРНК. Анализ результатов показал, что добавление кумарина, антибиотика и их сочетания в рацион птицы оказали влияние на формирование микробного состава кишечника. При этом наблюдается сокращение численности семейств *Lactobacillaceae*, *Lachnospiraceae* и *Erysipelotrichaceae*. Кроме этого, более чем на 10 % убывает доля условно-патогенной микрофлоры рода *Streptococcus*.

Ключевые слова: антибиотик, бройлеры, микробиом, слепой отдел кишечника, секвенирование, кумарин

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Финансирование. Исследование выполнено по теме НИР № FNWZ-2022-0010.

Вклад авторов: Г.К. Дускаев — концепция и дизайн исследования; Т.А. Климова — сбор и обработка материалов; К.С. Лазебник — анализ полученных данных, написание текста.

© Дорожкин В.И., Герунов Т.В., Симонова И.А., Герунова Л.К., Крючек Я.О., Тарасенко А.А., Чигринский Е.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 31 октября 2022 г., принята к публикации 22 ноября 2022 г.

Для цитирования: Дускаев Г.К., Лазебник К.С., Климова Т.А. Оценка микробного разнообразия слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров при введении кумарина и кормового антибиотика в рацион // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 555–566. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-555-566

Microbial diversity in the cecum of broiler chickens after introduction of coumarin and feed antibiotic into the diet

Galimzhan K. Duskaev  , Kristina S. Lazebnik , Tatyana A. Klimova 

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the RAS,
Orenburg, Russian Federation
*gduskaev@mail.ru

Abstract. In modern world, there is a need to search for alternatives to antibiotics due to the growing resistance of microorganisms. Plant extracts can be a promising replacement. Due to biological functions, they can suppress the development of various processes associated with pathogenicity and virulence, in particular, the *Quorum sensing* process. Based on the above, the aim of the study was to assess the bioactivity of 7,8-dihydroxy-4-methylcoumarin and 20% chlortetracycline in relation to the microbial diversity of the cecum of broiler chickens. 4 groups of broiler chickens were formed for the experiment. The control group received a diet without additives (basic diet (BD)); group I—BD + 20% chlortetracycline, at the dosage 0.63 g/kg bw per day, group II—BD + 7,8-dihydroxy-4-methylcoumarin at a dose of 9.0 mcg/ kg bw per day; Group III—BD + 7,8-dihydroxy-4-methylcoumarin + 20% chlortetracycline. The NGS of the 16S rRNA gene was used as a research method. Analysis of the results showed that addition of coumarin, the antibiotic and their combination to the poultry diet had an impact on formation of the microbial composition of intestine. Moreover, there was a decrease in the number of *Lactobacillaceae*, *Lachnospiraceae* and *Erysipelotrichaceae* families. In addition, the proportion of opportunistic *Streptococcus* flora decreased more than by 10 %.

Key words: antibiotics, broilers, microbiome, cecum, sequencing, coumarin

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Funding: The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, State Assignment no. 0445-2021-0016.

Author Contributions: GKD—developed and designed the experiments; TAK—collected the data; KSL—analyzed the data; KSL—wrote the paper.

Article history: Received: 31 October 2022. Accepted: 22 November 2022.

For citation: Duskaev GK, Lazebnik KS, Klimova TA. Microbial diversity in the cecum of broiler chickens after introduction of coumarin and feed antibiotic into the diet. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):555–566. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-4-555-566

Введение

Одна из актуальных стратегий в противобактериальной терапии связана со способностью некоторых веществ ингибировать межклеточную коммуникацию в бактериальных популяциях, известную, как *Quorum sensing* (QS) [1–3], так как в этом

состоянии бактерии способны формировать биопленки и синтезировать факторы вирулентности и патогенности, которые более устойчивы при воздействии веществ в отличие от планктонных форм [4, 5]. Среди таких веществ можно отметить растительные экстракты, которые способны к прямому подавлению размножения патогенных бактерий и регулированию кишечного микробиома у цыплят-бройлеров [6]. Их антибактериальная активность направлена на широкий спектр микроорганизмов [7–9]. В растительных экстрактах содержится большое количество соединений, но особое внимание следует обратить на фенольные соединения, а в частности, кумарины, роль которых в качестве антимикробных агентов достаточно широко изучена [10]. Они представляют собой ненасыщенные ароматические лактоны, в основе которых лежит 5,6-бензо- α -пирон. Согласно данным [11, 12], антибактериальная эффективность производных кумарина усиливается при гидроксигировании в 6, 7 и 8 положении. Преимущества кумаринов как перспективных антибактериальных соединений: широкий спектр антибактериальной активности; они выделяются растениями в виде фитоалексинов для защиты от атак патогенов; они безвредны для окружающей среды и не подвержены развитию устойчивости у бактерий [12]. Биологический анализ с использованием *Chromobacterium violaceum* ATCC 31532 [13] подтвердил способность 7,8-дигидрокси-4-метилкумарина ингибировать QS при субингибирующих концентрациях. При этом среди протестированных соединений кумарина и его производных 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин был наиболее активным в контексте проводимых исследований.

Еще одной стратегией борьбы с нарушениями микробиоценозов может выступить комбинация кумарина с антибиотиками, что может привести к потенцированному эффекту. Однако вопрос совместного их использования все еще остается малоизученным.

Цель исследования — оценка биоактивности в отношении микробного сообщества кишечника сельскохозяйственной птицы 7,8-дигидрокси-4-метилкумарина, а также комбинации его с тетрациклином.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ Р 53434—2009). Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных ФНИЦ ВЕТ РАН. В исследовании по оценке влияния отдельных веществ антикворума — 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин (AL63074—8; 7,8-dihydroxy-4-methyl coumarin) (Sigma-Aldrich, USA) и Биовита — 20% хлортетрациклина (Сиббиофарм, Россия) и их композиций участвовали цыплята-бройлеры. Птица, участвовавшая в исследовании, была выращена до 42-дневного возраста и разделена на 4 экспериментальные группы по 15 особей в каждой (кросс Арбор Айкирес). Контрольная группа получала рацион без добавок (основной рацион (ОР)); I экспериментальная группа (положительный контроль) получала ОР + Биовит — 20% хлортетрациклин в дозировке 0,63 г/кг живой массы в сутки (ж.м./сут); II экспериментальная группа

получала ОР + 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин в дозе 9,0 мкг/кг ж.м./сут; III опытная группа — ОР + 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин + Биовит — 20% хлортетрациклин.

Состав основного рациона, %: пшеница — 48; ячмень — 2,7; кукуруза — 7,6; соевый шрот (46 % СР) — 25,5; подсолнечный шрот (38 % СР) — 7,4; подсолнечное масло — 5,1; дикальцийфосфат — 1,7; мел кормовой — 1,0; известняк — 0,6; соль — 0,4; DL-метионин — 0,19; L-Лизин — 0,36; бикарбонат натрия — 0,12; витаминно-минеральный премикс — 2,1 (7—28-дневный возраст; далее проводилась корректировка состава рациона).

Декапитацию птицы проводили под нембуталовым эфиром на 42-е сутки эксперимента. Отбор проб содержимого слепых отростков толстого отдела кишечника для анализа микрофлоры проводили после убоя птицы в пробирки типа Эппендорф (Eppendorf, Germany). Тотальную ДНК из образцов содержимого кишечника выделяли при помощи набора Fast DNA® SPIN Kit for Faeces (MP Biomedicals Inc., Solon, OH, USA) с использованием лизирующего матрикса Lysing Matrix E. Образцы гомогенизировали на приборе Tissue Lyser LT (Qiagen, Venlo, Netherlands). Приготовление ДНК-библиотек выполнено в соответствии с протоколом Illumina (Part #15044223, Rev. B.). Секвенирование ампликоновых ДНК-библиотек было выполнено на платформе Illumina MiSeq с использованием набора реактивов MiSeq Reagent Kit v.2 (500-cycle) (Illumina, San Diego, CA, USA). Приготовление ДНК-библиотек, секвенирование и биоинформатическая обработка проведены в ЦКП «Персистенция микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН (Оренбург, Россия).

Результаты исследования и обсуждение

При изучении микробиоты кишечника идентифицированы операционные таксообразующие единицы (ОТЕ), относящиеся к домену *Bacteria*. Количество идентифицируемых филумов и ОТЕ варьировало для каждого образца (табл.).

Характеристика разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Группа	Количество прочтений	ОТЕ	Количество филумов
Контроль	29923	326	4
I	19540	293	5
II	22824	291	5
III	24740	323	5

Characterization of the diversity of microbial communities in cecum of broiler chickens

Group	Number of reads	OTU	Number of phyla
Control	29923	326	4
I	19540	293	5
II	22824	291	5
III	24740	323	5

Микробиом слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров на уровне филума, семейств и родов в процентном соотношении приведен на рис., А, Б и В соответственно.

Анализ бактериального профиля содержимого кишечника контрольной группы представлен 4 филумами, среди которых преобладает *Firmicutes* (86,1 %), доля остальных групп была менее 10 % — *Actinobacteria* (4,65 %), *Proteobacteria* (4,47 %) и *Bacteroidetes* (4,18 %), а остальных, не классифицируемых, филумов составляет не более 0,6 % от общего количества.

Преобладающее количество выделенных бактерий филума *Firmicutes* относилось к классу *Clostridia* (58,84 %), в котором следует выделить наиболее многочисленное семейство *Ruminococcaceae* (37,38 %), участвующее в расщеплении крахмала, содержащегося в кукурузе и пшенице — компонентах основного рациона. Данные бактерии производят короткоцепочечные жирные кислоты, в основном пропионат и ацетат, благодаря чему защищают кишечник от воспаления [6]. В этом семействе значимую долю составляли *unclassified_Ruminococcaceae* (21,44 %) и род *Faecalibacterium* (5,39 %). Другое семейство данного класса — *Lachnospiraceae* (15,47 %), при этом значимыми в нем оказались рода *Eisenbergiella* и *Mediterraneibacter*, доля которых составляла 4,94 и 3,29 % соответственно, содержание неклассифицированного рода — 4,53 %. Бактерии данного кластера поддерживают и регулируют функции кишечного эпителия [14], а также разлагают растительные материалы и производят бактериоцины, продуцируют короткоцепочечные жирные кислоты — бутират и лактат — в результате процессов ферментации [15]. Таким образом, несколько исследований свойств и функций этих родов бактерий показали, что эти микроорганизмы могут быть полезны в качестве пробиотиков для домашней птицы [16]. Поскольку вегетативные клетки данных бактерий обладают высокой чувствительностью к кислороду, эти бактерии одними из первых исчезают из микробиоты кишечника при воспалительных заболеваниях за счет продукции активных форм кислорода макрофагами и гранулоцитами [17, 18]. Таким образом, в большинстве случаев уменьшение количества *Lachnospiraceae* является не причиной воспаления, а его следствием [19].

Следующий класс *Bacilli* (18,66 %), в котором стоит отметить семейство *Streptococcaceae* (11,39 %), идентифицированное единственным родом *Streptococcus*, обычно определяемым в кишечнике в относительно низком содержании, обладает потенциалом к избыточному росту при различных патологических состояниях [20], при этом в опытных группах содержание этих бактерий было ниже (в I группе на 11,2 %, во II — на 10,69 %, в III — на 11,17 %). Следующим по численности семейством данного класса является *Lactobacillaceae* (7,18 %), к нему относится род *Lactobacillus* (4,21 %). Наименьший весовой процент содержания характерен для класса *Erysipelotrichia* (7,59 %) с лидирующим родом *Turicibacter* (6,20 %) семейства *Erysipelotrichaceae* (7,59 %). Представители *Turicibacter* непосредственно контактируют с клетками хозяина и принимают участие в воспалительных и неопластических процессах [21]. Филумы *Actinobacteria* и *Proteobacteria* менее разнообразны, значимыми родами в них являются род *Rubneribacter* (4,33 %) семейства

Eggerthellaceae (4,65 %) и род *Bilophila* (3,43 %) семейства *Desulfovibrionaceae* (3,47 %) соответственно. В нашем исследовании происходило снижение числа представителей *Proteobacteria* во всех опытных группах (в I — на 2,25 %, во II — на 3,55 %, в III — на 2,63 %).

Исследование содержимого слепого кишечника бройлеров позволило выявить определенные изменения в опытных группах. Доминирующее место в структуре микрофлоры занимали два типа: *Firmicutes* и *Bacteroidetes* первый филум составлял в группах 69...86 % (от общего содержания), что соответствует ряду исследований [22, 23]. Наибольшую долю в микробиомах опытных групп составляло семейство *Ruminococcaceae*, относящееся к типу *Firmicutes* и классу *Clostridia*, это важная группа микроорганизмов, которая является нормальной флорой кишечника и участвуют в обмене веществ, расщепляя клетчатку растительных кормов (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, лигнин) до летучих жирных кислот, как упоминалось выше [24, 25].

В I группе было выявлено 296 ОТЕ, принадлежащих к 5 филумам (рис.), при этом так же лидировал филум *Firmicutes* (82,3 %), а содержание филума *Bacteroidetes* (14,28 %) увеличилось на 10,10 % по сравнению с контролем, на долю оставшихся *Proteobacteria* и *Actinobacteria* приходилось менее 10 % от общего числа (2,22 и 0,86 % соответственно). Таксономическое разнообразие филума *Firmicutes* схоже с контролем, так класс *Clostridia* (66,53 %) представлен семействами *Ruminococcaceae* (39,86 %), в котором максимальный процент составляет неклассифицированная группа (18,28 %), родом *Faecalibacterium* (3,79 %) с незначительно снизившейся численностью (на 2 %) и родом *Monoglobus* (5,03 %) с возросшей на 5 % численностью по сравнению с контролем. Содержание другого семейства *Lachnospiraceae* (7,64 %) снизилось в 2 раза, так же, как и его родовое разнообразие, здесь можно выделить только неклассифицированную группу (3,51 %). Помимо этого повысилось и разнообразие семейств в данном филуме, что подтверждается повышением в 2 раза содержания таких семейств, как *Peptostreptococcaceae* (3,76 %) и *Catabacteriaceae* (3,34 %), в качестве единственных представителей выступают рода *Romboutsia* и *Catabacter* соответственно. Значительная доля данного класса не была идентифицирована и составила 10,80 % от общего числа. При добавлении в основной рацион кормовой добавки для данного филума отмечается значительное снижение — в 8,48 раза по сравнению с контрольной группой — класса *Bacilli* (2,20 %) и его представителей *Lactobacillaceae* (2,07 %) и *Streptococcaceae* (0,19 %). Это согласуется с рядом исследований [26, 27], что обилие *Lactobacillus* в кишечнике уменьшалось после применения антибиотика. При этом зафиксировано и увеличение почти в 2 раза численности класса *Erysipelotrichia* (12,89 %), в котором было так же, как и в контрольной группе, выделено единственное семейство *Erysipelotrichaceae* с первенствующим представителем — родом *Turicibacter* (12,43 %). При этом данный таксон может, как уже отмечалось, вызывать дисбиотические изменения в кишечнике птиц [28].

Второй филум представлен единственным классом *Bacteroidia* (14,28 %) с семейством *Bacteroidaceae* (8,81 %), известным способностью ферментировать клетчатку и крахмалистые компоненты кормов, с доминирующим родом



Микробиом слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров на уровне филума (А), семейств (Б) и родов (В)

Microbiome of cecum of broiler chickens at the level of phylum (A), families (B) and genera (C)

Phocaeicola (8,63 %), превышающим уровень контрольного значения в 8,46 раз, и семейством *Rikenellaceae* (5,45 %) с родом *Alistipes*, так же превосходящим контроль в 1,85 раз. *Bacteroidaceae* вместе с грамположительными *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae* представляют наиболее распространенную семейную характеристику слепой кишки кур [29]. Оставшиеся идентифицированные филумы малочисленны и доля представленных родов — менее 3 %.

Среди идентифицированных 291 ОТЕ во II опытной группе доминирующее положение занимали также филумы *Firmicutes* (69,29 %) и *Bacteroidetes* (27,33 %) (см. рис.), причем содержание изменялось уменьшением первого на 16,81 % и увеличением второго на 23,15 % относительно контроля, что коррелирует с результатами исследования [30], в которых при добавлении в рацион кумарина данные филумы были доминирующими типами и наблюдалось увеличение доли микроорганизмов, относящихся к *Bacteroidetes*, на фоне снижения бактерий *Firmicutes*. Оставшиеся филумы в данной группе составили менее 10 % от общего объема.

Таксономическое разнообразие филума *Firmicutes* схоже с контролем, но менее разнообразно относительно I группы. В первом таксоне так же лидирующие позиции занимает класс *Clostridia* (55,56 %), в котором большой процент составляют семейство *Ruminococcaceae* (37,05 %) и семейство *Lachnospiraceae* (10,41 %). При этом их доля незначительно уменьшилась по сравнению с контролем, а среди их представителей наибольшая численность характерна для неклассифицированных родов. Также для семейства *Ruminococcaceae* стоит отметить род *Subdoligranulum* (4,90 %), превышающий контроль в 2,86 раза, I группу — в 2,19, а III — в 1,6, и род *Faecalibacterium* (4,59 %), изменения которого в группах незначительны. Стоит отметить и семейство *Catabacteriaceae* (3,05 %) с единственным идентифицированным родом *Catabacter*, численность которого не отличается от опытных групп, но превышает в 2,11 раза контроль.

Еще одним доминирующим классом в данном филуме *Firmicutes* является *Bacilli* (12,54 %), при этом его содержание повысилось в 1,64, также как и таксономическое разнообразие семейства *Lactobacillaceae* (11,78 %), по сравнению с контролем, в котором численность составляла 7,18 %. Рода этого семейства составляли примерно одинаковую долю — *Lactobacillus* (4,53 %), *Ligilactobacillus* (4,19 %), *Limosilactobacillus* (3,05 %).

При введении в рацион кумарина во втором упомянутом филуме произошла смена лидера и в большей степени он был представлен семейством *Rikenellaceae*, с единственным обнаруженным представителем *Alistipes* (22,15 %), содержание которого в 4 раза превышает показатель I группы и в 7,5 раз контроль. По численному соотношению семейств в исследованиях, приведенных выше [31], было так же отмечено, что доминирующими семействами были *Bacteroidaceae*, *Rikenellaceae*, представленные в порядке убывания. Эти данные подтверждают наши исследования, за исключением порядка следования — *Ruminococcaceae*, *Rikenellaceae*, *Bacteroidaceae*.

При дальнейшем таксономическом анализе для III опытной группы были классифицированы 323 ОТЕ, соотношение филумов схоже с контролем *Firmicutes* (88,73 %),

Bacteroidetes (5,14 %), *Actinobacteria* (3,59 %), *Proteobacteria* (1,84 %) (см. рис.). Привлекает внимание меньшее таксономическое разнообразие при добавлении тестируемой кормовой добавки в рацион. В первом филуме прослеживается та же динамика, как и в предыдущих группах, лидером является класс *Clostridia* (81,00 %), причем для этой группы отмечены его максимальное содержание среди всех, разница с контролем составляет 22,16 %, и те же доминирующие семейства *Ruminococcaceae* (57,97 %) и *Lachnospiraceae* (7,94 %). Для первого семейства стоит отметить увеличение разнообразия родов — *Faecalibacterium* (3,48 %), *Butyricoccus* (3,39 %) и *Subdoligranulum* (3,02 %), при этом большую долю составили неклассифицированные виды (38,53 %). Тенденция увеличения численности семейства *Catabacteriaceae* (3,03 %) с родом *Catabacter* (3,03 %) сохраняется и для данной опытной группы и его содержание превышает контроль в 2 раза. Весьма большую долю класса *Clostridia* составляет неклассифицированное семейство (10,39 %). В филуме *Firmicutes* также стоит отметить снижение содержания рода *Lactobacillus* (3,31 %) класса *Bacilli* (4,46 %). Согласно исследованиям [33] тетрациклин снижал уровень *Lactobacillales*, что отмечено и в нашей работе. При включении в рацион Биовита содержание *Lactobacillus* уменьшилось в 8,9 раз (I группа), а при комбинации его с кумарином — в 4,25 раза (III группа) в сравнении со значением контрольной группы.

Второй по численности филум *Bacteroidetes* (5,14 %) представлен семейством *Rikenellaceae* (3,23 %), с единственным идентифицированным родом *Alistipes* (3,23 %), и в меньшей степени семейством *Bacteroidaceae* (1,84 %).

Заключение

Группу облигатных микроорганизмов, колонизирующих слепую кишку кур, составляют семейства *Ruminococcaceae* и *Lachnospiraceae*, за которыми следуют *Lactobacillaceae* и *Erysipelotrichaceae*. Антибактериальный эффект Биовита, как самостоятельно, так и в совокупности с производным кумарина, оказал влияние на численность *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae*. При добавлении 7,8-дигидрокси-4-метилкумарина и Биовита в рацион наблюдается снижение более чем на 10 % содержания условно-патогенной флоры *Streptococcus*. Таким образом, анализируемые вещества: 7,8-дигидрокси-4-метилкумарин и Биовит — 20% хлортетрациклин — в рационах бройлеров оказали влияние на формирование микробного состава кишечника. Это исследование расширяет знания о роли тестируемых веществ.

Библиографический список / References

1. Cegelski L, Marshall GR, Eldridge GR, Hultgren SJ. The biology and future prospects of antivirulence therapies. *Nat Rev Microbiol.* 2008;6(1):17–27. doi: 10.1038/nrmicro1818
2. Cooper MA, Shlaes D. Fix the antibiotics pipeline. *Nature.* 2011;472:32. doi: 10.1038/472032a
3. LaSarre B, Federle MJ. Exploiting quorum sensing to confuse bacterial pathogens. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2013;77(1):73–111. doi: 10.1128/Mmbr.00046-12

4. De la Fuente-Núñez C, Korolik V, Bains M, Nguyen U, Breidenstein EBM, Horsman S, Lewenza S, Burrows L, Hancock RE. Inhibition of bacterial biofilm formation and swarming motility by a small synthetic cationic peptide. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2012;56(5):2696–2704. doi: 10.1128/AAC.00064-12
5. Reen FJ, Gutiérrez-Barranquero JA, Parages ML, O’Gara F. Coumarin: a novel player in microbial quorum sensing and biofilm formation inhibition. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018;102:2063-2073. doi: 10.1007/s00253-018-8787-x
6. Zhu N, Wang J, Yu L, Zhang Q, Chen K, Liu B. Modulation of growth performance and intestinal microbiota in chickens fed plant extracts or virginiamycin. *Front Microbiol*. 2019;10:1333. doi: 10.3389/fmicb.2019.01333
7. Rudenko PA, Vatinikov YA, Rudenko AA, Rudenko VB. Epizootic analysis of livestock farms disadvantaged by factor infections. *Scientific life*. 2020;15(4):572–585. (In Russ.). doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585
Руденко П.А., Ватников Ю.А., Руденко А.А., Руденко В.Б. Эпизоотический анализ животноводческих ферм, неблагополучных по факторным инфекциям // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 4 (104). С. 572–585. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585
8. Vatinikov Y, Shabunin S, Kulikov E, Karamyan A, Lenchenko E, Sachivkina N, Lenchenko E, Karamyan A, Kulikov E, Shabunin S. Effectiveness of biologically active substances from *Hypericum perforatum* L. in the complex treatment of purulent wounds. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;12(4):1108–1117. doi: 10.31838/19ijpr/2020.12.04.078
9. Wong SYY, Grant IR, Friedman M, Elliott CT, Situ C. Antibacterial activities of naturally occurring compounds against *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Appl Environ Microbiol*. 2008;74(19):5986–5990. doi: 10.1128/AEM.00981-08
10. Al-Majedy YK, Al-Duhaidahawi DL, Al-Azawi KF, Al-Amiery AA, Kadhum AAH, Mohamad AB. Coumarins as potential antioxidant agents complemented with suggested mechanisms and approved by molecular modeling studies. *Molecules*. 2016;21(2):135. doi:10.3390/molecule
11. D’Almeida RE, Molina RDI, Viola CM, Luciardi MC, Nieto Peñalver C, Bardon A, Arena ME. Comparison of seven structurally related coumarins on the inhibition of *Quorum sensing* of *Pseudomonas aeruginosa* and *Chromobacterium violaceum*. *Bioorg Chem*. 2017;73:37–42. doi: 10.1016/j.bioorg.2017.05.011
12. Yang L, Ding W, Xu Y, Wu D, Li S, Chen J, Guo B. New Insights into the Antibacterial Activity of Hydroxycoumarins against *Ralstonia solanacearum*. *Molecules*. 2016; 21(4):468. doi: 10.3390/molecules21040468
13. Deryabin D, Inchagova K, Rusakova E, Duskaev G. Coumarin’s anti-quorum sensing activity can be enhanced when combined with other plant-derived small molecules. *Molecules*. 2021;26(1):208. doi: 10.3390/molecules26010208
14. Stanley D, Denman SE, Hughes RJ, Geier MS, Crowley TM, Chen H, Haring VR, Moore RJ. Intestinal microbiota associated with differential feed conversion efficiency in chickens. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2012;96:1361–1369. doi: 10.1007/s00253-011-3847-5
15. Videnska P, Faldynova M, Juricova H, Babak V, Sisak F, Havlickova H, Rychlik I. Chicken faecal microbiota and disturbances induced by single or repeated therapy with tetracycline and streptomycin. *BMC Vet Res*. 2013;9:30. doi: 10.1186/1746-6148-9-30
16. Turnbaugh PJ, Ley RE, Mahowald MA, Vincent M, Mardis ER, Gordon JI. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature*. 2006;444:1027–1031. doi: 10.1038/nature05414
17. Torok VA, Allison GE, Percy NJ, Ophel-Keller K, Hughes RJ. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. *Appl Environ Microbiol*. 2011;77:3380–3390. doi: 10.1128/AEM.02300-10
18. Thiennimitr P, Winter SE, Winter MG, Xavier MN, Tolstikov V, Huseby DL, Sterzenbach T, Tsolis RM, Roth JR, Bäumlér AJ. Intestinal inflammation allows *Salmonella* to use ethanolamine to compete with the microbiota. *PNAS*. 2011;108(42):17480–17485. doi: 10.1073/pnas.1107857108
19. Winter SE, Thiennimitr P, Winter MG, Butler BP, Huseby DL, Crawford RW, Russell JM, Bevins CL, Adams LG, Tsolis RM, Roth JR, Bäumlér AJ. Gut inflammation provides a respiratory electron acceptor for *Salmonella*. *Nature*. 2010;467:426–429. doi: 10.1038/nature09415
20. Medvecky M, Cejkova D, Polansky O, Karasova D, Kubasova T, Cizek A, Rychlik I. Whole genome sequencing and function prediction of 133 gut anaerobes isolated from chicken caecum in pure cultures. *BMC Genomics*. 2018;19(1):561. doi: 10.1186/s12864-018-4959-4
21. Yang Q, Liang Q, Balakrishnan B, Belobrajdic DP, Feng QJ, Zhang W. Role of Dietary Nutrients in the Modulation of Gut Microbiota: A Narrative Review. *Nutrients*. 2020;12(2):381. doi: 10.3390/nu12020381
22. Zackular JP, Baxter NT, Iverson KD, Sadler WD, Petrosino JF, Chen GY, Schloss PD. The gut microbiome modulates colon tumorigenesis. *mBio*. 2013;4(6): e00692–13. doi: 10.1128/mBio.00692-13

23. Olnood CG, Beski SSM, Choct M, Iji PA. Novel probiotics: their effects on growth performance, gut development, microbial community and activity of broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2015;1(3):184–191. doi: 10.1016/j.aninu.2015.07.003.43
24. Vatnikov Y, Shabunin S, Karamyan A, Kulikov E, Sachivkina N., Stepanishin V, Vasilieva E, Bobkova N, Lucay V, Avdotin V, Zenchenkova A, Rudenko P, Rudenko A. Antimicrobial activity of *Hypericum perforatum* L. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;12(Suppl.1):723–730. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP1.113
25. Vidsenska P, Sedlar K, Lukac M, Faldynova M, Gerzova L, Cejkova D, Sisak F, Rychlik I. Succession and replacement of bacterial populations in the caecum of egg laying hens over their whole life. *PLoS One*. 2014;9(12):e115142. doi: 10.1371/journal.pone.0115142
26. Grozina AA. Gut microbiota of broiler chickens influenced by probiotics and antibiotics as revealed by T-RFLP and RT-PCR. *Agricultural biology*. 2014;49(6):46–58. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiol.2014.6.46eng
 Грозина А.А. Состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта у цыплят-бройлеров при воздействии пробиотика и антибиотика (по данным T-RFLP—RT-PCR) // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 6. С. 46–58. doi: 10.15389/agrobiol.2014.6.46rus
27. Yu M, Mu C, Zhang C, Yang Y, Su Y, Zhu W. Marked response in microbial community and metabolism in the ileum and cecum of suckling piglets after early antibiotics exposure. *Front Microbiol*. 2018;9:1166. doi: 10.3389/fmicb.2018.01166
28. Mancabelli L, Ferrario C, Milani C, Mangifesta M, Turroni F, Duranti S, Lugli GA, Viappiani A, Ossiprandi MC, van Sinderen D, Ventura M. Insights into the biodiversity of the gut microbiota of broiler chickens. *Environ Microbiol*. 2016;18(12):4727–4738. doi: 10.1111/1462–2920.13363
29. Ilyina, LA, Yildirim, EA, Nikonov IN, Filippova VA, Laptev GY, Novikova NI, Grozina A.A., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Fisinin V.I., Egorovet I.A. Taxons of chicken cecum microbiom are abundant, and influenced by the combined feed composition and decreased metabolizable energy. *Agricultural biology*. 2015;50(6):817–824. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiol.2015.6.817rus
 Ильина Л.А., Йылдырым Е.А., Никонов И.Н., Филиппова В.А., Лантев Г.Ю., Новикова Н.И., Грозина А.А., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Фисинин В.И., Егоров И.А. Таксономическое разнообразие микробиома слепых отростков кишечника у цыплят-бройлеров и его изменение под влиянием комбикормов с подсолнечным шротом и сниженной обменной энергией // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 50(6). С. 817–824. doi: 10.15389/agrobiol.2015.6.817rus
30. Rychlik I. Composition and Function of Chicken Gut Microbiota. *Animals*. 2020;10(1):103. doi: 10.3390/ani10010103
31. Duskaev G, Kvan O, Kosyan D, Rakhmatullin S, Levakhin G. Coumarin derivative and *Bacillus cereus* change live weight and cecal ecology in broilers. *AIMS Agriculture and Food*. 2021;6(1):360–380. doi: 10.3934/agrfood.2021022

Об авторах:

Дускаев Галимжан Калиханович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления с/х животных и технологии кормов, заместитель директора, ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: gduskaev@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9015-8367

SPIN-код 7297-3319

Лазебник Кристина Сергеевна — младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований в животноводстве, ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: christinakondrashova94@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-4907-9656

SPIN-код 9820-8180

Климова Татьяна Андреевна — научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: klimovat91@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4298-1663

SPIN-код 6761-9683

About authors:

Duskaev Galimzhan Kalikhanovich — Doctor of Biology, Leading Researcher, Department of Feeding Agricultural Animals and Feed Technology, Deputy Director, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 299 Yanvarya st., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: gduskaev@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9015-8367

SPIN code 7297-3319

Lazebnik Kristina Sergeevna — Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 299 Yanvarya st., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: christinakondrashova94@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-4907-9656

SPIN code 9820-8180

Klimova Tatyana Andreevna — Researcher, Laboratory of Microbiology, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 299 Yanvarya st., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: klimovat91@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4298-1663

SPIN 6761-9683