



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2024 Том 19 № 3

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3
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 имени Патриса Лумумбы»

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

Азиги 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
Валентини Р., д-р биол. наук, проф., лауреат Нобелевской премии мира (2007), Университет Тушини, 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
Дубенко Н.Н., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Дускаев Г.К., д-р биол. наук, проф., проф. РАН, ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, Оренбург, 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
Забережний 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
Кощаев 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
Пивоваров В.Ф., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ ФНЦО, 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
Сычёв 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
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 2312–797X (Print); 2312–7988 (Online)

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.

Цели и тематика. Журнал «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство» — периодическое рецензируемое научное издание в области сельского хозяйства. Журнал является международным как по составу авторов и тематике публикаций, отражающей проблематику научных исследований 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: агротомия, 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. Агротомия, 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>

Редактор *О.В. Горячева*

Редактор англоязычных текстов *М.И. Яблонская*

Компьютерная верстка *М.В. Рогова*

Адрес редакции:

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

Тел.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

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

Тел.: +7 (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 08.11.24. Выход в свет 15.11.2024. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитуры Times, Roboto.

Усл. печ. л. 11,78. Тираж 500 экз. Заказ № 1064. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН)

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

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

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

Тел. +7 (495) 952-04-41; publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2024 VOLUME 19 No. 3

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3
agrojournal.rudn.ru
Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA NAMED AFTER PATRICE LUMUMBA

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

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

Nikolai N. Dubenok — D. Sc. in Agriculture, Professor, Academician of the RAS, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Galimzhan K. Duskaev — D. Sc. in Biology, Professor, Professor of the RAS, Federal Scientific Center biological systems and agricultural technologies RAS, Orenburg, 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. Gins — 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 Peoples' Friendship University
of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University),
Moscow, Russian Federation

ISSN 2312–797X (Print); 2312–7988 (Online)

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.

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>

Editor *O.V. Goryacheva*
English text editor *M.I. Yablonskaya*
Computer design *M.V. Rogova*

Address of the Editorial Board:

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

Postal Address of the Editorial Board:

8 Miklukho-Maklaya St, bldg 2, 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 Named After Patrice Lumumba (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya St, 117198 Moscow, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House:

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

Содержание

Растениеводство

Брагинец А.В., Бахчевников О.Н. Оценка эффективности перспективных способов предпосевной обработки семян озимой пшеницы на основе анализа состояния посевов и биологической урожайности..... 401

Назарова Н.М., Федорова Д.Г., Гвоздикова А.М.
Дескриптивные показатели и анализ всхожести семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ в условиях Оренбуржья 419

Почвоведение и агрохимия

Корнейкова М.В., Салтан Н.В., Козлова Е.В., Васильева М.В., Давыдова П.Д., Бережной Е. Микробные сообщества городских почв Норильской агломерации 431

Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Цырлин М.И., Павлюченко А.М., Парфенчик М.М. Влияние составов легких почвогрунтов на вегетацию растений..... 447

Защитное лесоразведение

Баканева А.А. Влияние гидрологического режима на посадки дуба черешчатого *Quercus robur* L. в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы 459

Животноводство

Ветох А.Н., Волкова Н.А., Джагаев А.Ю. Сравнение показателей роста и развития, влияющих на мясную продуктивность петушков в ресурсных популяциях 468

Дускаев Г.К., Кван О.В., Сизенцов Я.А., Курилкина М.Я., Нуржанов Б.С. Оценка влияния природного органического вещества на химический состав тушки цыплят-бройлеров 477

Генетика и селекция животных

Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Никонова Е.А., Седых Т.А., Быкова О.А. Убойные качества молодняка овец в зависимости от генотипа 490

Ветеринария

- Ватников Ю.А., Руденко А.А., Щуров И.В., Вилковьский И.Ф., Яровенко Е.М.**
Оксидативный стресс при кардиоренальном синдроме у собак, возникшем на фоне эндокардиоза 497
- Михалёв В.И., Зимников В.И.** Автоматизированное доение и заболеваемость коров маститом 507
- Ягников С.А., Барсегян Л.С.** Клиническая эффективность эпидурального введения бетаметазона при пояснично-крестцовом стенозе у собак..... 517
- Карамян А.С., Баннуд Ж.** Трансбуккальные пленки в ветеринарной медицине: сравнительное исследование влияния лекарственных форм на клинико-биохимические показатели крови 530

Contents

Crop production

Braginets A.V., Bakhchevnikov O.N. Estimation of the efficiency of perspective seed treatment methods of winter wheat seeds based on analysis of crop condition and biological yields 401

Nazarova N.M., Fedorova D.G., Gvozdikova A.M. Descriptive indicators and germination analysis of ‘Poseidon 625’ *Helianthus annuus* L. seeds in the Orenburg region 419

Soil science and agrochemistry

Korneykova M.V., Saltan N.V., Kozlova E.V., Vasileva M.N., Davydova P.D., Berezhnoi E.D. Microbial communities of urban soils in the Norilsk agglomeration 431

Unitsky A.E., Zyl N.S., Tsyrlin M.I., Pavliuchenko A.M., Parfenchik M.M. Influence of plant soil mixtures on plant vegetation..... 447

Protective afforestation

Bakaneva A.A. Influence of hydrological regime on plants of English oak *Quercus robur* L. under conditions of Volga-Akhtuba floodplain..... 459

Animal breeding

Vetokh A.N., Volkova N.A., Dzhagaev A.Y. Comparison in indicators of growth and development affecting the meat productivity of cockerels in resource populations 468

Duskaev G.K., Kvan O.V., Sizensov Y.A., Kurilkina M.Y., Nurzhanov B.S. Influence of natural organic matter on chemical composition of broiler chicken carcass..... 477

Genetics and selection of animals

Yuldashbaev Y.A., Kosilov V.I., Nikonova E.A., Sedykh T.A., Bykova O.A. Slaughter qualities of young sheep depending on genotype..... 490

Veterinary science

- Vatnikov Y.A., Rudenko A.A., Shchurov I.V. , Vilkovskiy I.F., Yarovenko E.M.**
Oxidative stress in dogs with cardiorenal syndrome caused by endocardiosis..... 497
- Mikhalev V.I., Zimnikov V.I.** Automatic milking and incidence of mastitis in cows 507
- Yagnikov S.A., Barseghyan L.S.** Clinical efficacy of epidural injection
of betamethasone in dogs with lumbosacral stenosis 517
- Karamyan A.S., Bannud J.** Transbuccal films in veterinary medicine: a comparative
study of the effect of dosage forms on clinical and biochemical parameters of blood 530



Растениеводство Crop production


DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-401-418

УДК 631.53.02:631.53.027.34

EDN BOAEUZ

Научная статья / Research article

Оценка эффективности перспективных способов предпосевной обработки семян озимой пшеницы на основе анализа состояния посевов и биологической урожайности

А.В. Брагинец , О.Н. Бахчевников  Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация
 oleg-b@list.ru

Аннотация. Выполнен полевой опыт по определению влияния предпосевной обработки семян перспективными способами (ультрафиолетовое излучение, озонирование, обработка низкочастотным электромагнитным полем) на состояние посевов и биологическую урожайность озимой пшеницы. Полученные результаты сравнили с результатами традиционной обработки путем протравливания семян химическим препаратом. Установлено, что предпосевная обработка озоном и УФ-излучением стимулировала прорастание семян и повысила их полевую всхожесть. Биологическая урожайность контроля была превышена для делянок, семена на которых были обработаны УФ-излучением — на 5,8 % и озоном — на 2,34 %. Обработка семян электромагнитным полем не привела к повышению урожайности. Данные по фактической урожайности подтвердили эту тенденцию. На делянках с обработкой семян УФ-излучением и озоном масса соломы, зерна и их соотношение достоверно превысили контроль. Химический анализ показал существенное превышение над контролем лишь для зерна с делянок, семена на которых были обработаны озоном: содержание белка выше на 4,2 %, а клейковины — на 5,2 %. Результаты, полученные в ходе полевого эксперимента, в основном согласуются с результатами предыдущих опубликованных исследований. Сочетание воздействия озона и УФ-излучения в предпосевной обработке семян позволит обеспечить обеззараживание и стимулирование прорастания, тем самым повысить полевую всхожесть,

© Брагинец А.В., Бахчевников О.Н., 2024

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

густоту стеблестоя, повысить полевую всхожесть, густоту стеблестоя, урожайность и улучшить качество зерна. Эти способы показали лучшие результаты в сравнении со способом протравливания семян и могут быть рекомендованы для внедрения в производство

Ключевые слова: зерновые культуры, обеззараживание семян, стимулирование прорастания семян, качество зерна, урожай зерна

Вклад авторов: Брагинец А.В. — подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных; Бахчевников О.Н. — анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

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

Финансирование. Благодарности. Исследования проведены в соответствии с планом НИР на 2022—2024 гг. ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» по теме № 0505-2022-0007.


История статьи: поступила в редакцию 25 января 2023 г., принята к публикации 8 апреля 2024 г.

Для цитирования: Брагинец А.В., Бахчевников О.Н. Оценка эффективности перспективных способов предпосевной обработки семян озимой пшеницы на основе анализа состояния посевов и биологической урожайности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 19. № 3. С. 401—418. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-401-418

Estimation of the efficiency of perspective seed treatment methods of winter wheat seeds based on analysis of crop condition and biological yields

Andrey V. Braginets , Oleg N. Bakhchevnikov  

Donskoy Agricultural Research Center, Zernograd, Russian Federation

 oleg-b@list.ru

Abstract. Field experiment on determining the effect of seed presowing treatment by promising methods (ultraviolet radiation, ozonation, low-frequency electromagnetic field) on the state of crops and biological yield of winter wheat was carried out. The results obtained were compared with the results of conventional seed treatment with chemical agent. It was found that presowing treatment with ozone and UV radiation stimulated seed germination and increased their field germination. Biological yield of control plants was higher for plots where seeds were treated with UV radiation and ozone by 5.8 and 2.34%, respectively. Seed treatment with electromagnetic fields did not result in higher yields. Actual yield data confirmed this trend. Straw and grain weight and their ratio significantly exceeded the control value in the plots where seeds were treated with UV radiation and ozone. Chemical analysis showed that only grain from plots where seeds were treated with ozone had significant excess over the control value: protein and gluten content was higher by 4.2 and 5.2%, respectively. The results obtained in the field experiment are largely consistent with the results of previous published studies. The combination of exposure to ozone and UV radiation during presowing treatment of seeds will provide disinfection and stimulation of germination, increase field germination, plant density, yields, and improve grain quality. These methods have shown better results in comparison with the method of seed treatment by chemical agent and, therefore, they can be recommended for implementation in production. Their combined use will make it possible to carry out effective disinfection and stimulation of germination, as well as to increase the yield and quality of grain.

Key words: grain crops, seed disinfection, stimulation of seed germination, grain quality, grain yields

Author contributions. Braginets A.V. designed the experiments, field experiments and collected the data, Bakhchevnikov O.N. analyzed the data, wrote the manuscript.

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

Acknowledgments. The research was performed in accordance with the research plan for 2022–2024 of Donskoy Agricultural Research Center (no. 0505-2022-0007).

Article history: Received: 25 January 2023. Accepted: 8 April 2024.

For citation: Braginets AV, Bakhchevnikov ON. Estimation of the efficiency of perspective seed treatment methods of winter wheat seeds based on analysis of crop condition and biological yields. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023;19(3):401–418. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-401-418

Введение

Для растениеводства приоритетом в сфере научных исследований является поиск эффективных способов повышения всхожести семян и урожайности сельскохозяйственных культур [1].

Как известно, быстрое и равномерное прорастание семян после посева, а также их высокая всхожесть являются основой для получения в последующем обильного урожая [2]. Также необходимо защитить растения от болезней, вызываемых патогенными микроорганизмами, для чего перед посевом выполняют обеззараживание семян [3]. Для выполнения этих требований производят предпосевную обработку семян, сочетающую стимулирование их прорастания и обеззараживание.

При предпосевной обработке часто применяют различные химические препараты [4]. Но обработка семян химикатами осложнена тем, что последние являются сильнодействующими ядами для человека и животных [5]. Проблему создает и то, что патогенные микроорганизмы приобретают резистентность к определенным препаратам, что вынуждает периодически увеличивать их дозу или заменять на другие [6].

Применение электрофизических способов для предпосевной обработки семян имеет значительные преимущества перед традиционной обработкой химикатами [7], так как при высокой эффективности экологически безопасно и значительно меньше способствует появлению резистентности микроорганизмов [8, 9]. Для предпосевной обработки используют различные электрофизические способы, состоящие в воздействии на семена электромагнитного поля с разной длиной волны [10]. Применяют такие виды электромагнитного поля, как ультрафиолетовое излучение, СВЧ-излучение, импульсное электрическое поле, гамма-излучение и др. [11, 12].

Помимо электрофизических способов для предпосевной обработки семян перспективно озонирование, позволяющее эффективно уничтожать патогенные микроорганизмы и стимулировать прорастание [13, 14], а также исключаящее загрязнение окружающей среды [15].

Опубликованы многочисленные результаты исследований, показывающие высокую эффективность представленных выше способов предпосевной обработки семян. Однако большинство этих работ посвящено рассмотрению эффективности

лишь одного конкретного перспективного способа предпосевной обработки семян определенных видов растений. Практически отсутствуют сравнительные исследования эффективности различных способов обработки, выполненные на примере одного вида растений в аналогичных условиях. В силу различных условий проведения опытов и параметров обработки семян в каждом конкретном исследовании сложно их сопоставить для определения наиболее эффективных способов.

Цель исследования — определить эффективность перспективных способов предпосевной обработки семян озимой пшеницы на основе анализа состояния посевов в процессе вегетации и биологической урожайности.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено в Зерноградском районе Ростовской области в 2021—2022 гг. Был выполнен полевой опыт по определению влияния предпосевной обработки семян перспективными способами (ультрафиолетовое излучение, озонирование, обработка низкочастотным электромагнитным полем) на состояние посевов и урожайность мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Амбар» [16].

Предпосевную обработку семян пшеницы производили за 24 часа до высева. Были приняты нижеследующие параметры различных способов обработки семян.

Обработку ультрафиолетовым излучением проводили на установке с общей мощностью светодиодов 230 Вт, диапазон длины волны излучения которых составлял 200...380 нм [17]. Облучение проводили в течение 30 мин, расстояние между светодиодами и зерном составляло 10 см. Семена обрабатывали без предварительного увлажнения.

Обработку семян газообразным озоном производили в течение 15 мин. Концентрация озона в озонозвоздушной смеси составляла 60 мг/м³ [18]. Обработку выполняли путем пропускания потока семян по трубе, имеющей боковые отверстия, в которые подавалась озонозвоздушная смесь, нагнетаемая центробежным вентилятором.

Семена пшеницы подвергали действию низкочастотного электромагнитного поля [19] по методике А.И. Пахомова (Патент № 2781897 РФ. Способ подавления фитопатогенов). Семена предварительно увлажняли до достижения влажности 14 %, после чего подвергали действию электромагнитного поля при прохождении через рабочую камеру экспериментальной установки. Параметры обработки: магнитная индукция $B = 100$ мТл, частота поля — 20 Гц, доза воздействия — 200 мТл·с, продолжительность облучения — 5 с [20, 21].

В качестве контроля для сравнения с перспективными способами применяли традиционный — предпосевную обработку путем протравливания семян химическими препаратами. В данном случае использовали фунгицидный препарат «Скарлет» (100 г/л имазалила + 60 г/л тебуконазола) дозой 0,4 л/т (расход рабочей жидкости — 10 л/т) [22, 23].

Опытный посев семян озимой пшеницы выполнили 1 октября 2021 г. Предшественник — подсолнечник. Семена посеяли на 4 делянках размером 20×0,3 м,

на каждой из них были только семена, предварительно обработанные одним из перечисленных выше способов. Норма высева семян — 230 кг/га (5,2 млн шт./га). Каждый полевой опыт выполняли в 4 повторностях.

В процессе вегетации озимой пшеницы контролировали состояние ее посевов с применением стандартных методик по показателям: полевая всхожесть, сохранность растений в зимний период, выживаемость растений к уборке, густота стояния и др. Обследование посевов проводили в каждый из сезонов года.

Для наиболее точного определения эффективности предпосевной обработки семян по стандартной методике на пробных площадках по 0,25 м² в четырехкратной повторности на каждой опытной делянке 1 июля 2022 г. при наступлении восковой спелости зерна определяли биологическую урожайность озимой пшеницы и ее структуру. При этом внимание уделяли показателям развития растений, позволяющим судить о стимулирующем действии предпосевной обработки на последующую вегетацию.

Уборку опытных делянок производили зерноуборочным комбайном Sampro-Rozenlev SR2010 5 июля 2022 г. Затем дополнительно определяли урожайность сплошным методом учета, взвешивая обмолоченное зерно с каждой делянки сразу после его уборки.

Из собранного с каждой делянки зерна отбирали пробы, в которых в лаборатории стандартными методами определяли содержание протеина, клейковины (глутена) и крахмала, а также натуру зерна по ГОСТ 10840—2017.

Оценку статистической достоверности превышения значений показателей развития растений и урожайности над контролем проводили методом определения существенности различий между выборками по наименьшей существенной разности, вычисляя значение НСР при 5%-м (НСР₀₅) уровне значимости.

Результаты исследования и обсуждение

Обследование посевов показало, что в осенний период на всех делянках были получены дружные всходы, состояние посевов озимой пшеницы оптимальное, признаков поражения грибковыми заболеваниями не зафиксировано. В то же время полевая всхожесть семян была выше на делянках с обработкой ультрафиолетом и озоном. Раньше всего всходы появились на делянке с обработкой семян озоном, а затем УФ-излучением.

В зимний период посевы на всех делянках имели хорошую сохранность, определенную методом биологического контроля, при этом значительных отличий по этому показателю не выявили.

В весенний период посевы также имели хорошее состояние, однако наметилась тенденция лучшего развития растений, выращенных из семян, обработанных ультрафиолетовым излучением и озоном. Эта тенденция продолжилась и в дальнейшем, приведя к более густому стеблестоя на делянках с этими видами обработки семян, что в последующем положительно сказалось на урожайности. Растения на делянках с другими видами обработки несколько уступали в развитии

растениям с предпосевной обработкой ультрафиолетом и озоном. Впрочем, как видно на рис. 1, все четыре делянки с различными видами предпосевной обработки по состоянию на 8 июня демонстрировали хорошее состояние посевов, в т. ч. интенсивную окраску растений, отсутствие изреженности и полегания.

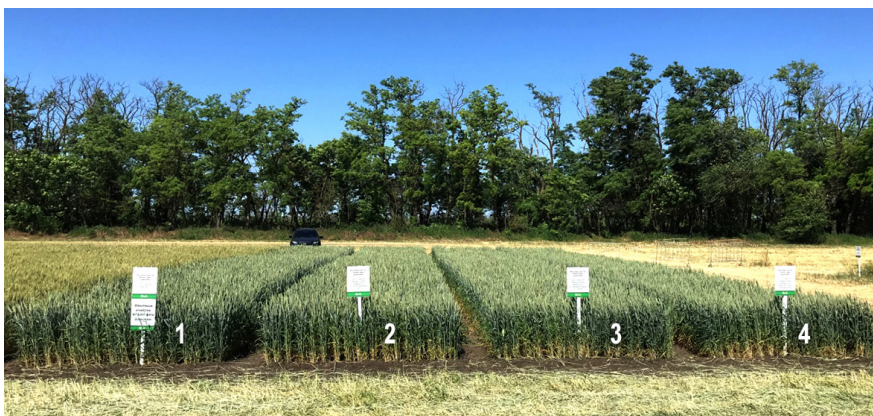


Рис. 1. Состояние опытных делянок озимой пшеницы на 8 июня 2022 г. (фаза цветения). Семена были обработаны различными способами: 1 – протравливание; 2 – УФ-излучение; 3 – низкочастотное электромагнитное поле; 4 – озонирование

Источник: выполнено А.В. Брагинцом, О.Н. Бахчевниковым

Fig. 1. State of winter wheat experimental plots on June 8, 2022 (flowering). The seeds were treated by different methods: 1 – treatment with chemical agent; 2 – UV radiation; 3 – low frequency electromagnetic field; 4 – ozonation

Source: created by A.V. Braginet, O.N. Bakhchevnikov

Некоторые результаты обследования состояния опытных посевов озимой пшеницы в процессе вегетации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состояние в процессе вегетации посевов озимой пшеницы, семена которой были обработаны различными способами

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание препаратом Скарлет (контроль)	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Период от посева до всходов, сут.	11	10	11	9
Полевая всхожесть, %	87,2	91,7	87,4	92,1
Сохранность в зимний период, %	91,2	92,0	91,3	91,7
Выживаемость к уборке, %	87,2	88,0	87,4	87,8

Table 1

State of winter wheat crops which seeds were treated with different methods

Parameter	Method of seed treatment			
	Scarlet chemical agent (control)	UV radiation	Low frequency electromagnetic field	Ozonation
Period from sowing to seedling, days	11	10	11	9
Field germination, %	87.2	91.7	87.4	92.1
Winter survival, %	91.2	92.0	91.3	91.7
Survival to harvest, %	87.2	88.0	87.4	87.8

Анализ результатов обследования состояния посевов, приведенных в табл. 1, показывает, что предпосевная обработка озоном и УФ-излучением стимулировала прорастание семян и повысила их полевую всхожесть. В то же время предпосевная обработка электрофизическими способами не оказала существенного влияния на сохранность в зимний период и выживаемость растений пшеницы к уборке по сравнению с протравливанием.

После достижения восковой спелости зерна пшеницы при влажности менее 14 % определили биологическую урожайность и выполнили оценку ее структуры. Состояние посевов на момент определения биологической урожайности показано на рис. 2.



Рис. 2. Состояние опытных делянок озимой пшеницы на 1 июля 2022 г. (восковая спелость). Семена были обработаны различными способами: 1 – протравливание; 2 – УФ-излучение; 3 – низкочастотное электромагнитное поле; 4 – озонирование

Источник: выполнено А.В. Брагинцом, О.Н. Бахчевниковым

Fig. 2. State of winter wheat experimental plots on July 1, 2022 (wax ripeness). The seeds were treated with different methods: 1 – treatment with chemical agent; 2 – UV radiation; 3 – low frequency electromagnetic field; 4 – ozonation

Source: created by A.V. Braginets, O.N. Bakhchevnikov

Результаты оценки биологической урожайности озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами, приведены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Биологическая урожайность озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание препаратом Скарлет (контроль)	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Количество растений на 1 м ² , шт.	307	325	234	343
Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	585	613	531	646
Продуктивная кустистость	1,91	1,89	2,27	1,88
Масса чистого зерна, г	795,4	839,3	786,0	821,9
Количество зерен в колосе, шт.	34	35	37	32
Масса колоса, г	1,36	1,37	1,48	1,26
Масса 1000 зерен, г	39,98	40,93	40,45	39,28
Влажность, %	10,7	11	11,2	11
Биологическая урожайность, т/га	8,11	8,58	8,04	8,3
НСР ₀₅	—	0,46	0,08	0,19

Table 2

Biological yield of winter wheat which seeds were pretreated with different methods

Parameter	Method of seed treatment			
	Scarlet chemical agent (control)	UV radiation	Low frequency electromagnetic field	Ozonation
Number of plants per 1 m ²	307	325	234	343
Number of productive stems per m ²	585	613	531	646
Ear bearing capacity	1.91	1.89	2.27	1.88
Weight of grains, g	795.4	839.3	786.0	821.9
Number of grains per ear	34	35	37	32
Ear weight, g	1.36	1.37	1.48	1.26
1000 grain weight, g	39.98	40.93	40.45	39.28
Moisture content, %	10.7	11	11.2	11
Biological yield, t/ha	8.11	8.58	8.04	8.3
LSD ₀₅	—	0.46	0.08	0.19

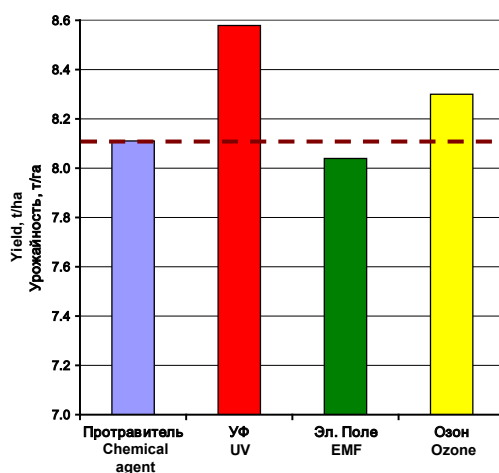


Рис. 3. Сравнение биологической урожайности озимой пшеницы, семена которой были обработаны различными способами

Источник: выполнено А.В. Брагинцом, О.Н. Бахчевниковым в программе Microsoft Excel 2007

Fig. 3. Comparison of biological yield of winter wheat which seeds were treated with different methods

Source: created by A.V. Braginets, O.N. Bakhchevnikov in Microsoft Excel 2007

Как видно из табл. 2 и рис. 3, биологическая урожайность контрольной делянки (протравливание семян) была значительно превышена делянками, семена на которых были обработаны УФ-излучением — на 5,8 % и озоном — на 2,34 %. Делянка, семена на которой были предварительно обработаны электромагнитным полем, не показала более высокой биологической урожайности (меньше контроля на 0,86 %).

Непосредственные причины разной биологической урожайности пшеницы с различной обработкой семян, видимо, состоят в большем количестве растений и продуктивных стеблей на этих делянках, что явилось следствием лучшей всхожести в результате стимулирования прорастания в ходе предпосевной обработки.

Для определения сравнительной эффективности различных способов предпосевной обработки семян пшеницы и их влияния на вегетацию растений представляют интерес также данные о массе соломы и ее отношении к массе зерна (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

Урожай зерна и соломы озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание препаратом Скарлет	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Масса соломы с 1 м ² , г	1089,1	1295,9	1079,3	1282,5
Масса зерна с 1 м ² , г	795,4	839,3	786,0	821,9

Окончание табл. 3

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание препаратом Скарлет	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Соотношение массы соломы и зерна	1,37	1,54	1,37	1,56
HCP ₀₅	—	0,17	0	0,18

Table 3

Grain and straw yield data for winter wheat which seeds were pretreated with different methods

Parameter	Method of seed treatment			
	Scarlet chemical agent (control)	UV radiation	Low frequency electromagnetic field	Ozonation
Weight of straw per 1 m ² , g	1089.1	1295.9	1079.3	1282.5
Weight of grain per 1 m ² , g	795.4	839.3	786.0	821.9
Straw to grain weight ratio	1.37	1.54	1.37	1.56
LSD ₀₅	—	0.17	0	0.18

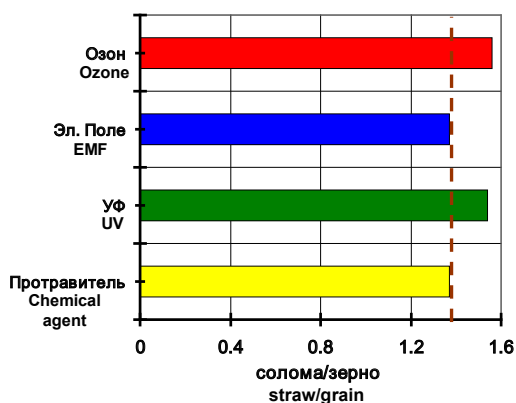


Рис. 4. Соотношение массы соломы и зерна озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Источник: выполнено А.В. Брагинцом, О.Н. Бахчевниковым в программе Microsoft Excel 2007

Fig. 4. Ratio of straw to grain weight of winter wheat which seeds were pretreated by different methods

Source: created by A.V. Braginet, O.N. Bakhchevnikov in Microsoft Excel 2007

Анализ данных табл. 3 показывает, что на делянках с обработкой семян УФ-излучением и озоном масса соломы, масса зерна и их соотношение достоверно превысили контроль, тогда как показатели делянки с обработкой электромагнитным полем практически равны контролю. Это показывает, что растения на делянках с обработкой УФ и озоном лучше развивались, сформировав большую вегетативную массу, в итоге дав лучший урожай.

Непосредственно после уборки определили фактическую урожайность пшеницы на опытных делянках и сравнили ее с биологической (табл. 4).

Таблица 4

Биологическая и фактическая урожайность озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание препаратом Скарлет	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Биологическая урожайность, т/га	8,11	8,58	8,04	8,3
Фактическая урожайность, т/га	5,90	6,22	5,87	6,07
НСР ₀₅ (для фактической урожайности)	—	0,32	0,04	0,16

Table 4

Biological and actual yields of winter wheat which seeds were pretreated with different methods

Parameter	Method of seed treatment			
	Scarlet chemical agent (control)	UV radiation	Low frequency electromagnetic field	Ozonation
Biological yield, t/ha	8.11	8.58	8.04	8.3
Actual yield, t/ha	5.90	6.22	5.87	6.07
LSD ₀₅ (for actual yield)	—	0.32	0.04	0.16

Данные по фактической урожайности в табл. 4 подтверждают тенденцию, установленную при анализе данных биологической урожайности, а именно, что урожай на делянках, где семена были обработаны УФ-излучением и озоном, был значимо выше по сравнению с контролем — на 5,42 и 2,88 % соответственно. На делянке же с предпосевной обработкой электромагнитным полем фактическая урожайность была незначительно ниже, достоверно не отличаясь от контроля (протравливание). Таким образом, картина распределения эффективности способов

предпосевной обработки семян, установленная при вычислении биологической урожайности пшеницы (см. табл. 2, рис. 3), была подтверждена при обработке данных по фактической урожайности (см. табл. 4).

Проведен лабораторный анализ проб зерна, взятых на опытных делянках в ходе их уборки, и определено содержание в них протеина, клейковины (глутена) и крахмала, а также натура зерна (табл. 5, рис. 5.).

Таблица 5

Результаты лабораторного анализа зерна озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Показатель	Способ предпосевной обработки семян			
	Протравливание	Ультрафиолетовое излучение	Низкочастотное электромагнитное поле	Озонирование
Протеин, %	11,16	11,12	11,06	11,63
Клейковина, %	17,3	17,2	17,0	18,2
Крахмал, %	67,3	67,3	67,4	67,0
Натура зерна, г/л	786	795	788	785

Table 5

Results of laboratory analysis of winter wheat grain which seeds were pretreated with different methods

Parameter	Method of seed treatment			
	Scarlet chemical agent (control)	UV radiation	Low frequency electromagnetic field	Ozonation
Protein, %	11.16	11.12	11.06	11.63
Gluten, %	17.3	17.2	17.0	18.2
Starch, %	67.3	67.3	67.4	67.0
Grain-unit, g/L	786	795	788	785

Как видно из данных в табл. 5, значения натуры зерна, полученного с разных опытных делянок, почти одинаковы. Также достоверно не отличаются от контроля и значения содержания крахмала в зерне с опытных делянок. Таким образом, анализ показал, что вид предпосевной обработки семян впоследствии практически не влияет на натуру зерна и содержание в нем крахмала.

Однако данные по содержанию протеина и клейковины (глутена) по отношению к контролю (см. рис. 5) заметно отличаются от характера данных по урожайности, а также по натуре зерна и содержанию крахмала. По этим показателям отмечено существенное превышение над контролем для зерна с делянок, семена на которых были обработаны озоном: содержание белка выше на 4,2 % ($\text{НСР}_{05} = 0,43$), а клейковины — на 5,2 % ($\text{НСР}_{05} = 0,9$). В то же время содержание протеина и глутена

в зерне с делянок, семена на которых были обработаны электромагнитным полем и УФ-излучением, оказалось незначительно ниже значений контроля.

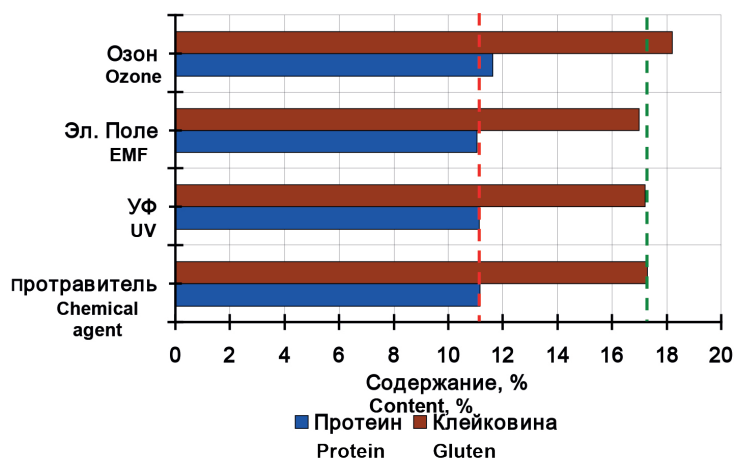


Рис. 5. Содержание протеина и клейковины в зерне озимой пшеницы, семена которой предварительно были обработаны различными способами

Источник: выполнено А.В. Брагинцом, О.Н. Бахчевниковым в программе Microsoft Excel 2007

Fig. 5. Protein and gluten content in winter wheat grain, seeds of which were pretreated with different methods

Source: created by A.V. Braginets, O.N. Bakhchevnikov in Microsoft Excel 2007

Таким образом, предпосевная обработка семян газообразным озоном впоследствии улучшает качество спелого зерна озимой пшеницы, увеличивая содержание в нем протеина и клейковины (глутена).

Результаты полевого эксперимента в основном согласуются с результатами предыдущих опубликованных исследований.

В частности, подтверждено стимулирующее действие предпосевной обработки УФ-излучением [24, 25] и озоном [13, 14, 26] на прорастание семян пшеницы и последующее развитие растений, приводящее к увеличению урожайности, так как, судя по всему, растения из таких семян лучше выживают и развиваются, у них формируется большее количество продуктивных стеблей.

В то же время обработка семян низкочастотным электромагнитным полем не привела к стимулированию их прорастания и увеличению урожайности, хотя для аналогичных исследований имеются положительные результаты [19, 27, 28], скорее всего потому, что при разработке этого способа воздействия упор делался на подбор параметров, обеспечивающих лишь обеззараживание семян [21, 29]. Поэтому к перспективным направлениям исследований можно отнести усовершенствование этого способа предпосевной обработки для получения дополнительного эффекта стимулирования развития растений.

Биологическая и фактическая урожайность, полученная в результате обработки семян УФ-излучением, газообразным озоном и электромагнитным полем, была больше или равна урожайности растений, семена которых были подвергнуты протравливанию. Это доказывает, что использованные электрофизические способы предпосевной обработки также позволяют эффективно уничтожать патогенную микрофлору, предупреждая последующее поражение растений. Результаты для способов обработки УФ-излучением и озоном согласуются с данными ранее опубликованных исследований [12, 15, 18]. Результаты полевого опыта, свидетельствующие о подавлении патогенных микроорганизмов действием низкочастотного электромагнитного поля, получены впервые.

Результаты анализа, показывающие повышенное содержание белка и клейковины в зерне в результате предпосевной обработки семян пшеницы озоном, соответствуют результатам предыдущих исследований [26, 30].

Анализируя полученные результаты, можно предположить, что сочетание воздействия озона и УФ-излучения в ходе предпосевной обработки семян пшеницы позволит не только обеспечить эффективное обеззараживание и стимулирование прорастания, но и повысить урожайность и улучшить качество зерна.

Заключение

В результате полевого опыта достоверно установлено, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы ультрафиолетовым излучением и газообразным озоном повышает полевую всхожесть, густоту стеблестоя, биологическую и фактическую урожайность за счет эффективного обеззараживания и стимулирования прорастания семян. Эти способы обработки показали лучшие результаты в сравнении с традиционным способом протравливания семян и могут быть рекомендованы для внедрения в производство.

Способ предпосевной обработки семян низкочастотным электромагнитным полем не показал превышения показателей эффективности перед способом протравливания семян, однако он может служить ему заменой, обеспечивая безопасное обеззараживание семян с низкой себестоимостью.

Из изученных способов предпосевной обработки лишь озонирование семян пшеницы обеспечило в дальнейшем получение более качественного зерна с более высоким содержанием протеина и глютена.

Совместное действие газообразного озона и УФ-излучения в ходе предпосевной обработки семян пшеницы позволит повысить урожайность и качество зерна.

Список литературы

1. Babu U., Shukla A.K., Kumar A., Meena R.K. Effect of sowing methods and nutrients on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): a review // Current Research in Agriculture and Farming. 2021. Vol. 2. № 2. P. 18—22. doi: 10.18782/2582-7146.135
2. Carrera-Castano G., Calleja-Cabrera J., Pernas M., Gomez L., Onate-Sanchez L. An updated overview on the regulation of seed germination // Plants. 2020. Vol. 9. № 6. P. 703. doi: 10.3390/plants9060703

3. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains // *Journal of Food Science*. 2018. Vol. 83. № 6. P. 1484–1493. doi: 10.1111/1750-3841.14181
4. Пилыпенко Н.Г., Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Влияние предпосевной обработки семян на развитие болезней и продуктивность зерновых культур // *Кормопроизводство*. 2022. № 1. С. 37–42.
5. Долженко В.И., Лаптев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // *Плодородие*. 2021. № 3. С. 71–75. doi: 10.25680/S19948603.2021.120.13
6. Чекмарев В.В., Кобыльская Г.В., Бучнева Г.Н., Корабельская О.И. Резистентность грибов рода *Fusarium* к протравителям семян // *Защита и карантин растений*. 2011. № 3. С. 19–21.
7. Костин В.И., Дозоров А.В., Исайчев В.А. К вопросу о стимуляции сельскохозяйственных растений под действием физических и химических факторов при обработке семян // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 2. С. 67–77. doi: 10.18286/1816-4501-2018-2-67-77
8. Пахомов А.И., Максименко В.А., Буханцов К.Н., Ватутина Н.П. Экспериментальное определение параметров магнитного обеззараживания зерна // *Аграрный научный журнал*. 2019. № 3. С. 84–89. doi: 10.28983/asj.y2019i3pp84-89
9. Цуленок Н.В. Анализ эффективного использования электрофизических методов обработки семян // *Вопросы науки и образования*. 2019. № 21. С. 46–59.
10. Rifna E.J., Ramanan K.R., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 86. P. 95–108. doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.029
11. Araujo S.D.S., Paparella S., Dondi D., Bentivoglio A., Carbonera D., Balestrazzi A. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 646. doi: 10.3389/fpls.2016.00646
12. Sirohi R., Tarafdar A., Gaur V.K., Singh S., Sindhu R., Rajasekharan R., Madhavan A., Binod P., Kumar S., Pandey A. Technologies for disinfection of food grains: Advances and way forward // *Food Research International*. 2021. Vol. 145. P. 110396. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110396
13. Баскаков И.В., Орбинский В.И., Гиевский А.М., Чернышев А.В., Тарасенко А.П. Влияние предпосевного озонирования семян на урожайность сельскохозяйственных культур // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 12. № 4. С. 13–20. doi: 10.17238/issn2071-2243.2019.4.13
14. Pandiselvam R., Mayoorkha V.P., Kothakota A., Sharmila L., Ramesh S.V., Bharathi C.P., Gomathy K., Srikanth V. Impact of ozone treatment on seed germination — a systematic review // *Ozone: Science & Engineering*. 2020. Vol. 42. № 4. P. 331–346. doi: 10.1080/01919512.2019.1673697
15. Tiwari B.K., Brennan C.S., Curran T., Gallagher E., Cullen P.J., O'Donnell C.P. Application of ozone in grain processing // *Journal of Cereal Science*. 2010. Vol. 51. № 3. P. 248–255. doi: 10.1016/j.jcs.2010.01.007
16. Марченко Д.М., Иванисов М.М., Рыбась И.А., Некрасов Е.И., Романюкина И.В., Чухненко Ю.Ю. Итоги селекционной работы по озимой мягкой пшенице для непаровых предшественников в Аграрном научном центре «Донской» // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 6. С. 3–9. doi: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-3-9
17. Upadhyay A.K., Chormule S.R., Kuiry B.M., Ram B.S., Pani S.S., Punia Y. Effect of UV radiation on seeds physiological parameter: A review // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9. № 6. P. 1877–1879.
18. Wu J.N., Doan H., Cuenca M.A. Investigation of gaseous ozone as an antifungal fumigant for stored wheat // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2006. Vol. 81. № 7. P. 1288–1293. doi: 10.1002/jctb.1550
19. Maffei M.E. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution // *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. P. 445. doi: 10.3389/fpls.2014.00445
20. Пахомов А.И. Аналитическая оценка и учет свойств электромагнитных полей в устройствах агрообеззараживания // *Техника и оборудование для села*. 2022. № 9. С. 40–44. doi: 10.33267/2072-9642-2022-9-40-44
21. Пахомов А.И. Метод резонансно-низкочастотного обеззараживания зерна: биофизическое обоснование и инновационные преимущества // *Техника и оборудование для села*. 2022. № 1. С. 30–34. doi: 10.33267/2072-9642-2022-1-30-34
22. Казанцева Т.П., Чихичина Т.В., Лебедев В.Б., Юсупова Д.А., Кудимова Л.М., Стрижков Н.И., Сибикеева Ю.Е. Эффективность предпосевной обработки семян озимой и яровой пшеницы, кукурузы фунгицидным протравителем Скарлет // *Агро XXI*. 2008. № 7–9. С. 16–18.
23. Горина И.Н. Имазалилсодержащие протравители для зерновых колосовых культур // *Защита и карантин растений*. 2013. № 4. С. 55–57.

24. Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя // АПК России. 2019. Т. 26. № 3. С. 344—350.
25. Kondrateva N.P., Baturina K.A., Ilyasov I.R., Korepanov R.I., Kasatkina N.I., Kuryleva A.G. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 433. № 1. P. 012039. doi: 10.1088/1755-1315/433/1/012039
26. Sigacheva M.A., Pinchuk L.G. The influence of pre-sowing ozonization of soft spring wheat on the yieldness and its structure in the forest and steppe zone of Kuznetsk basin // Research Journal of Agricultural Science. 2015. Vol. 47. № 4. P. 245—249.
27. Teixeira da Silva J.A., Dobranszki J. Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? // Protoplasma. 2015. Vol. 253. P. 231—248. doi: 10.1007/s00709-015-0820-7
28. Afzal I., Saleem S., Skalicky M., Javed T., Bakhtavar M.A., ul Haq Z., Kamran M., Shahid M., Sohail Saddiq M., Afzal A. et al. Magnetic field treatments improves sunflower yield by inducing physiological and biochemical modulations in seeds // Molecules. 2021. Vol. 26. № 7. P. 2022. doi: 10.3390/molecules26072022
29. Пахомов А.И. Биофизика и экспериментальный поиск ингибирующих гармоник магнитообеззараживающего оборудования // Техника и оборудование для села. 2021. № 6. С. 32—35. doi: 10.33267/2072-9642-2021-6-32-35
30. Пинчук Л.Г., Сигачева М.А., Гридина С.Б. Оценка белковистости зерна яровой мягкой пшеницы под влиянием предпосевного озонирования семян в Кузнецкой лесостепи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 5—8.

References

1. Babu U, Shukla AK, Kumar A, Meena RK. Effect of sowing methods and nutrients on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *Current Research in Agriculture and Farming*. 2021;2(2):18—22. doi: 10.18782/2582-7146.135
2. Carrera-Castano G, Calleja-Cabrera J, Pernas M, Gomez L, Onate-Sanchez L. An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*. 2020;9(6):703. doi: 10.3390/plants9060703
3. Los A, Ziuzina D, Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains. *Journal of Food Science*. 2018;83(6):1484—1493. doi: 10.1111/1750-3841.14181
4. Pilipenko NG, Andreeva OT, Sidorova LP, Kharchenko NY. Effect of pre-sowing seed treatment on disease development and productivity of grain crops. *Fodder Production*. 2022;(1):37—42. (In Russ.).
5. Dolzhenko VI, Laptiev AB. Modern range of plant protection means: biological efficiency and safety. *Plodorodie*. 2021;(3):71—75. (In Russ.). doi: 10.25680/S19948603.2021.120.13
6. Chekmarev VV, Kobylskaya GV, Buchneva GN, Korabelskaya OI. Resistance of fungi of *Fusarium* genus to seed dressing preparations. *Plant Protection and Quarantine*. 2011;(3):19—21. (In Russ.).
7. Kostin VI, Dozorov AV, Isaychev VA. To the issue of stimulation of agricultural plants under the influence of physical and chemical factors for seed treatment. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018;(2):67—77. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2018-2-67-77
8. Pakhomov AI, Maksimenko VA, Bukhantsov KN, Vatutina NP. Experimental characterization of the parameters of grain's magnetic disinfection. *Agrarian Scientific Journal*. 2019;(3):84—89. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2019i3pp84-89
9. Tsuglenok NV. Analysis of effective use of electrophysical methods of seed treatment. *Science and Education Issues*. 2019;(21):46—59. (In Russ.).
10. Rifna EJ, Ramanan KR, Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology*. 2019;86:95—108. doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.029
11. Araujo SDS, Paparella S, Dondi D, Bentivoglio A, Carbonera D, Balestrazzi A. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:646. doi: 10.3389/fpls.2016.00646
12. Sirohi R, Tarafdar A, Gaur VK, Singh S, Sindhu R, Rajasekharan R, et al. Technologies for disinfection of food grains: Advances and way forward. *Food Research International*. 2021;145:110396. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110396

13. Baskakov IV, Orobinsky VI, Gievsky AM, Chernyshev AV, Tarasenko AP. The effect of presowing ozonation of seeds on the yield of agricultural crops. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(4):13–20. (In Russ.). doi: 10.17238/issn2071-2243.2019.4.13
14. Pandiselvam R, Mayookha VP, Kothakota A, Sharmila L, Ramesh SV, Bharathi CP, et al. Impact of ozone treatment on seed germination — a systematic review. *Ozone: Science & Engineering*. 2020;42(4):331–346. doi: 10.1080/01919512.2019.1673697
15. Tiwari BK, Brennan CS, Curran T, Gallagher E, Cullen PJ, O'Donnell CP. Application of ozone in grain processing. *Journal of Cereal Science*. 2010;51(3):248–255. doi: 10.1016/j.jcs.2010.01.007
16. Marchenko DM, Ivanisov MM, Rybas IA, Nekrasov EI, Romanyukina IV, Chukhnenko YY. The results of breeding work with the winter bread wheat for non-fallow forecrops in the Agricultural Research Center “Donskoy”. *Grain Economy of Russia*. 2020;(6):3–9. (In Russ.). doi: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-3-9.
17. Upadhyay AK, Chormule SR, Kuiry BM, Ram BS, Pani SS, Punia Y. Effect of UV radiation on seeds physiological parameter: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020;9(6):1877–1879.
18. Wu JN, Doan H, Cuenca MA. Investigation of gaseous ozone as an antifungal fumigant for stored wheat. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2006;81(7):1288–1293. doi: 10.1002/jctb.1550
19. Maffei ME. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*. 2014;5:445. doi: 10.3389/fpls.2014.00445
20. Pakhomov AI. Analytical assessment and consideration of the properties of electromagnetic fields in agro-disinfection devices. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022;(9):40–44. (In Russ.). doi: 10.33267/2072-9642-2022-9-40-44.
21. Pakhomov AI. The method of resonant-low-frequency disinfection of grain: biophysical substantiation and innovative advantage. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022;(1):30–34. (In Russ.). doi: 10.33267/2072-9642-2022-1-30-34.
22. Kazantseva TP, Chikhichina TV, Lebedev VB, Jusupova DA, Kudimova LM, Strizhkov NI, Sibikeeva JE. Effectiveness of pre-sowing treatment of seeds of winter and spring wheat, corn with fungicide Scarlet. *Agro XXI*. 2008;(7–9):16–18. (In Russ.).
23. Gorina IN. Imazalil-containing disinfecting agents for grain crops. *Protection and Quarantine of Plants*. 2013;(4):55–57. (In Russ.).
24. Levina NS, Tertyshnaya YV, Bidey IA, Elizarova OV. Ultraviolet radiation influence on the sowing qualities and vegetation of spring wheat and spring barley. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2019;26(3):344–350. (In Russ.).
25. Kondrateva NP, Baturina KA, Ilyasov IR, Korepanov RI, Kasatkina NI, Kuryleva AG. Effect of treatment of seeds of grain crops by ultraviolet radiation before sowing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;433:012039. doi: 10.1088/1755-1315/433/1/012039
26. Sigacheva MA, Pinchuk LG. The influence of pre-sowing ozonization of soft spring wheat on the yieldness and it's structure in the forest and steppe zone of Kuznetsk basin. *Research Journal of Agricultural Science*. 2015;47(4):245–249.
27. Teixeira da Silva JA, Dobranszki J. Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*. 2015;253:231–248. doi: 10.1007/s00709-015-0820-7
28. Afzal I, Saleem S, Skalicky M, Javed T, Bakhtavar MA, ul Haq Z, Kamran M, Shahid M, Sohail Saddiq M, Afzal A, et al. Magnetic field treatments improves sunflower yield by inducing physiological and biochemical modulations in seeds. *Molecules*. 2021;26(7):2022. doi: 10.3390/molecules26072022
29. Pakhomov AI. Biophysics and experimental search for inhibiting harmonics of magnetic disinfecting equipment. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021;(6):32–35. (In Russ.). doi: 10.33267/2072-9642-2021-6-32-35.
30. Pinchuk LG., Sigacheva MA., Gridina SB. Evaluation of protein content of soft spring wheat grain under the effect of ozone pre-sowing seed treatment in the Kuznetsk forest-steppe. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2014;(9):5–8. (In Russ.).

Об авторах:

Брагинец Андрей Валерьевич — кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской», Российская Федерация, 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, д. 3; e-mail: AI.55552015@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7188-4179 SPIN-код: 6352-1932

Бахчевников Олег Николаевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской», Российская Федерация, 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, д. 3; e-mail: oleg-b@list.ru
ORCID: 0000-0002-3362-5627 SPIN-код: 3350-9055

About authors:

Braginets Andrey Valerievich — Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Department of Vegetable Feedstock Processing, Donskoy Agricultural Research Center, 3 Nauchny Gorodok st., Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation; e-mail: A1.55552015@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7188-4179 SPIN-code: 6352-1932

Bakhchevnikov Oleg Nikolaevich — Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Vegetable Feedstock Processing, Donskoy Agricultural Research Center, 3 Nauchny Gorodok st., Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation; e-mail: oleg-b@list.ru
ORCID: 0000-0002-3362-5627 SPIN-code: 3350-9055



DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-419-430

УДК 633.854.78:630*232.318


EDN BORMTK

Научная статья / Research article

Дескриптивные показатели и анализ всхожести семян *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в условиях Оренбуржья

Н.М. Назарова  , Д.Г. Федорова , А.М. Гвоздикова 

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

 nazarova-1989@yandex.ru

Аннотация. В формировании устойчивой системы сельского хозяйства для каждой климатической зоны приоритетной целью становится повышение урожайности ряда товарных культур, таких как подсолнечник, с точки зрения и количества, и качества. В связи с этим необходимо изучить посевные качества семян подсолнечника в конкретных почвенно-климатических условиях возделывания для оптимизации агротехники, защиты растений, увеличения их урожайности. Цель исследования — определение степени инвариантности дескриптивных показателей и всхожести семян *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в климатических условиях Оренбургской области. Исследования проводили на опытном участке, а также в лаборатории экспериментальной ботаники ботанического сада Оренбургского государственного университета. Изучено 5 дескриптивных показателей, проведена оценка лабораторной и грунтовой всхожести семян *H. annuus* 'Посейдон 625' в условиях Оренбуржья. Установлено, что наиболее инвариантны показатели длины семени и массы 1000 семян (C_v 9 и 2 % соответственно). Вес семян определяется длиной семени (на уровне статистической значимости $p < 0,5$). Лабораторная и полевая всхожесть стабильно высокие (88 и 85 % соответственно). Полевая всхожесть определяется степенью прорастания 75 % семян. Установлено, что увеличение температуры среды на ранних этапах онтогенеза значительно сокращало период растянутости всходов (0,8; p -level = 0,1). Климатический фактор — влажность — не относится к статистически значимым показателям, оказывающим хоть какое-то влияние на анализируемые параметры прорастания семян *H. annuus* 'Посейдон 625'.

Ключевые слова: подсолнечник, морфометрические показатели, лабораторное проращивание, грунтовый посев

Вклад авторов: авторы внесли равноценный вклад.

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

Финансирование. Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060/>

© Назарова Н.М., Федорова Д.Г., Гвоздикова А.М., 2024



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 12 февраля 2024 г., принята к публикации 13 марта 2024 г.

Для цитирования: Назарова Н.М., Федорова Д.Г., Гвоздикова А.М. Deskриптивные показатели и анализ всхожести семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ в условиях Оренбуржья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 19. № 3. С. 419–430. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-419-430

Descriptive indicators and germination analysis of ‘Poseidon 625’ *Helianthus annuus* L. seeds in the Orenburg region

Natalia M. Nazarova  , Daria G. Fedorova , Anastasia M. Gvozdikova 

Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

 nazarova-1989@yandex.ru

Abstract. In formation of a sustainable agricultural system for each climatic zone, the priority goal is to increase yield of a number of commercial crops, such as sunflower, in terms of both quantity and quality. In this regard, there is a need to study sowing qualities of sunflower seeds in specific soil and climatic conditions of cultivation to optimize agricultural technology, plant protection, and increase yield. The purpose of this study was to determine the degree of invariance of descriptive indicators and germination of ‘Poseidon 625’ *Helianthus annuus* L. seeds under the conditions of the Orenburg region. The experiments were carried out at the experimental site of the Botanical Garden of Orenburg State University, as well as in the laboratory of experimental botany of the Botanical Garden of Orenburg State University. 5 descriptive indicators were studied, the laboratory and soil germination of ‘Poseidon 625’ *H. annuus* seeds were evaluated in the Orenburg region. It was found that the most invariant indicators were seed length and 1000 seed weight (C_v 9 and 2%, respectively). Seed weight of ‘Poseidon 625’ *H. annuus* is determined by seed length (at the level of statistical significance $p < 0.5$). Laboratory and field germination are consistently high (88 and 85%, respectively). Field germination is determined by the rate of germination of 75% of the seeds. It was established that increase in temperature of medium at early stages of ontogenesis significantly reduced elongation period of ‘Poseidon 625’ *H. annuus* seedlings (0.8; p -level = 0.1). The climatic factor “humidity” was not a statistically significant indicator having at least some influence on the analyzed parameters of germination of ‘Poseidon 625’ *H. annuus* seeds.

Key words: sunflower, morphometric indicators, laboratory germination, soil sowing

Author contributions. All authors contributed equally to this manuscript.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Funding. Acknowledgments. The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060/>

Article history: Received: 12 February 2024. Accepted: 13 March 2024.

For citation: Nazarova NM, Fedorova DG, Gvozdikova AM. Descriptive indicators and germination analysis of ‘Poseidon 625’ *Helianthus annuus* L. seeds in the Orenburg region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):419–430. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-419-430

Введение

Род *Helianthus* L. представляет собой разнообразную таксономическую группу, насчитывающую около 50 видов, которые культивируются не только как масличные, но и как декоративные растения [1, 2]. В последние годы подсолнечник оказывается в центре внимания аграриев именно благодаря своей высокой пищевой ценности. Семена подсолнечника богаты ненасыщенными жирными кислотами (UFA), множеством витаминов и микроэлементов, которые могут подавлять синтез холестерина в организме человека. Поэтому подсолнечное масло является приоритетным продуктом в развитых странах [3].

Согласно статистическим данным мировой Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) площадь посева подсолнечника в мире достигает примерно 25,4 млн га [4]. По сообщению Минсельхоза РФ, площадь посевов подсолнечника в России еще в 2021 г. превышала 9 млн га. При этом в стране в рамках федерального проекта развития экспорта продукции агропромышленного комплекса принята стратегия дальнейшего расширения площади посевов данной культуры [5]. На начальных этапах реализации таких масштабных целей возникает необходимость в значительном увеличении производства высококачественного семенного материала подсолнечника. На первое место выходит создание и комплексное изучение отечественных гибридов, которые должны обеспечить наиболее высокую урожайность и лучшее качество конечного продукта.

Для расширения производства подсолнечника особое значение имеют вопросы изучения семенной продуктивности гибридов и особенностей применения агротехнических приемов возделывания в соответствии с почвенно-климатическими условиями конкретного региона. Это может обеспечить, с одной стороны, получение высоких урожаев, с другой — надлежащее качество продукции [6].

Семена — основа сельскохозяйственного производства. Успешное прорастание семян и появление всходов имеют первостепенное значение для роста растений и формирования урожайности всех сельскохозяйственных культур [7]. Прорастание семян — интегративная характеристика, определяемая их способностью быстро прорасти в сложных полевых условиях [8]. Этот процесс контролируется совместным множеством эндогенных и экзогенных факторов и обеспечивается жизнеспособностью и/или долговечностью посевного материала, которые в свою очередь определяются генетическим и физиологическим потенциалом семян, а также условиями их хранения [9, 10].

Семенной материал с высокой способностью к прорастанию обуславливает высокую всхожесть и продуктивность культур, в то время как использование семян с низкой прорастаемостью всегда приводит к снижению урожайности. Раннее появление всходов — важный этап развития сельскохозяйственных культур. Прежде чем сеянец приобретет способность к фотосинтезу, как прорастание семян, так и появление всходов обеспечивается энергией запасящего материала, хранящегося в самом семени [11, 12].

Урожай семян и масло подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) снижается в условиях климатического стресса [13]. Поэтому производство подсолнечника значи-

тельно ниже в засушливых и полусушливых регионах из-за различных проблем растениеводства, осложненного факторами среды [14].

Семена свежесобранного подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) считаются находящимися в состоянии покоя, потому что они не могут прорасти при относительно низких температурах (10 °С). Это состояние покоя является результатом в основном состояния покоя эмбрионов и исчезает при сухом хранении и прокаливании [15].

В современном растениеводстве наиболее действенным агроприемом, напрямую зависящим от биологических характеристик посевного материала гибрида, является соблюдение густоты стояния растений. Это позволяет получить высокий экономический эффект при производстве товарного подсолнечника [16].

В связи с этим возникает необходимость исследования посевных качеств семян гибридов подсолнечника на этапах их производства в конкретных почвенно-климатических условиях возделывания для получения информации, которая может использоваться для выбора оптимальных агротехнических приемов возделывания, защиты растений, увеличения их урожайности.

Цель исследования заключается в определении степени инвариантности дескриптивных показателей и всхожести семян подсолнечника в климатических условиях Оренбургской области.

В качестве **объекта исследования** использованы семена *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’

Задачи исследования:

1. Определить дескриптивные показатели (длина, ширина, толщина, масса 1000 штук и индивидуальный вес) семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’.
2. Оценить показатели лабораторной всхожести и энергию прорастания семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’.
3. Оценить уровень грунтовой всхожести семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ в климатических условиях Оренбуржья.
4. С помощью методов математической статистики определить степень инвариантности и взаимосвязи дескриптивных показателей семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’.
5. Оценить зависимость грунтовой всхожести семян *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ от температуры и влажности среды.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на опытном участке и в лаборатории экспериментальной ботаники ботанического сада Оренбургского государственного университета.

По природно-климатическим условиям Оренбургская область относится к зоне сухих степей. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным среднегумусным среднемоющим тяжелосуглинистым. Влагообеспеченность почвы пониженная.

Образцы семян подсолнечника предварительно прокаливали и хранили в сухом герметичном контейнере при температуре окружающей среды до момента проведения исследований. Оценку дескриптивных показателей семян (длина, ширина,

толщина семени) провели с использованием электронного штангельциркуля ADA Mechanic 150 Pro. Индивидуальный вес семени и вес 1000 семян определили по ГОСТ 10842–89¹.

Опыт по лабораторному проращиванию заложен по методике ГОСТ 12038–84². Оценка посевных качеств проведена по ГОСТ Р 52325–2005³.

Оценку уровня грунтовой всхожести провели с формированием пяти пробных площадок, которые располагались на отдельных участках размером 5×5 м. При подготовке к посеву осуществляли механическую вспашку и боронование почвы. Посев производили ручной однорядной сеялкой с заделкой семян на глубину не более 5 см во третьей декаде мая с нормой высева 60 тыс./га.

После появления первых всходов количество новых проростков подсчитывали каждый день до того момента, когда их число на пробной площадке стало неизменным. Быстроту всходов и растянутость прорастания определяли согласно методическим указаниям⁴.

Оценку корреляционной зависимости между дескриптивными характеристиками семян провели с применением коэффициента корреляции Пирсона (уровень статистической значимости $p < 0,05$).

Ввиду широкой вариативности экспериментальных данных по лабораторной и грунтовой всхожести и их зависимости от климатических параметров для статистической обработки результатов исследования использовали ранговый корреляционный анализ Спирмена (уровень статистической значимости $p < 0,05$).

Математическую обработку данных провели с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. Стандартная статистическая обработка, направленная на определение ошибки средней и коэффициента вариации C_v , проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе исследования определили дескриптивные показатели семян подсолнечника (табл. 1). Все показатели имеют различную степень варьирования, однако уровень изменчивости их отличается. Наиболее стабильным параметром оказалась длина семени при среднем значении, равном $13,12 \pm 1,2$ мм (табл. 1).

Средний уровень варьирования признака характерен для ширины и толщины семени при практически равных коэффициентах изменчивости — 10,14 и 10,66 % соответственно. Наиболее нестабильным показателем оказался индивидуальный вес семени, его вариация близка к высокому уровню и равна 18,18 %.

¹ ГОСТ 10842–89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М. : Стандартинформ, 2009. 4 с.

² ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М. : Стандартинформ, 2011. 11 с.

³ ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. М. : Изд-во стандартов, 2005. 24 с.

⁴ Фоканова А.М., Акманова И.М., Богданова К.А., Крутова А.Г. Методические указания по разработке способа прогнозирования полевой всхожести семян. М. : МСХ СССР, 1978. 31 с.

Таблица 1

Параметры семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625'

Длина семени			Ширина семени			Толщина семени			Индивидуальный вес семени		
Lim*, мм	$X \pm S_x^{**}$, мм	C_v^{***} , %	Lim, мм	$X \pm S_x'$, мм	C_v , %	Lim, мм	$X \pm S_x'$, мм	C_v , %	Lim, г	$X \pm S_x$, г	C_v , %
11,1...15,9	13,12 ± 1,2	9,14	5,6...8,8	6,9 ± 0,7	10,14	3,8...5,6	3,75 ± 0,4	10,66	0,08...0,17	0,11 ± 0,02	18,18

Примечание.*— крайние значения признака; ** — среднее значение и стандартное отклонение; ***— коэффициент вариации.

Table 1

Parameters of 'Poseidon 625' *Helianthus annuus* seeds

Seed Length			Seed width			Seed thickness			Individual seed weight		
Lim*, mm	$X \pm S_x^*$, mm	C_v^{***} , %	Lim, mm	$X \pm S_x'$, mm	C_v , %	Lim, mm	$X \pm S_x'$, mm	C_v , %	Lim, g	$X \pm S_x$, g	C_v , %
11.1...15.9	13.12 ± 1.2	9.14	5.6...8.8	6.9 ± 0.7	10.14	3.8...5.6	3.75 ± 0.4	10.66	0.08...0.17	0.11 ± 0.02	18.18

Note. * — extreme values of the parameter, ** — average value and standard deviation, *** — coefficient of variation.

Масса 1000 семян высокая, в среднем равна 266,3 ± 3,7 г. Изменчивость данного признака показала минимальное значение при коэффициенте вариации, равном 1,38 %. Однако данный показатель не имеет ключевого значения, так как в условиях Оренбургской области не подлежит обязательному нормированию.

Для определения силы взаимосвязи измерений (распределение нормальное по критерию Шапиро — Уилка, связь между признаками линейная) нами использована такая статистическая мера, как корреляционный анализ Пирсона, статистическая значимость принята при $p < 0,05$. Анализ представленных данных корреляционной матрицы показывает, что вес семян определяется таким параметром, как длина семени. В данном случае положительная зависимость признака 1 отмечена и с индивидуальным весом, и весом 1000 семян ($r = 0,802$; $r = 0,997$). Обратная зависимость установлена между индивидуальным весом и толщиной семени ($r = -0,901$). Последний показатель также проявляет отрицательную взаимосвязь с шириной семени ($r = -0,802$) (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная зависимость дескриптивных показателей семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625'

Параметры	Длина семени	Ширина семени	Толщина семени	Индивидуальный вес семени	Вес 1000 семян
Длина семени	1				
Ширина семени	0,115	1			
Толщина семени	0,465	-0,826*	1		

Окончание табл. 2

Параметры	Длина семени	Ширина семени	Толщина семени	Индивидуальный вес семени	Вес 1000 семян
Индивидуальный вес семени	0,802	0,50	-0,901	1	
Вес 1000 семян	0,997	0,189	0,397	0,755	1

Примечание. * — цветом выделены статистически значимые величины.

Table 2

**Correlation dependence of descriptive indicators of 'Poseidon 625'
Helianthus annuus seeds**

Parameters	Seed length	Seed width	Seed thickness	Individual seed weight	1000 seed weight
Seed length	1				
Seed width	0.115	1			
Seed thickness	0.465	-0.826*	1		
Individual seed weight	0.802	0.50	-0.901	1	
1000 seed weight	0.997	0.189	0.397	0.755	1

Note. * — statistically significant values are highlighted in color.

Для оценки всхожести семян выполнено лабораторное проращивание. Средний показатель лабораторной всхожести по повторностям опыта составляет $88 \pm 3\%$ (табл. 3).

Таблица 3

Оценка лабораторной всхожести семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625'

Лабораторная всхожесть, %			Энергия прорастания, %		
Lim*, %	$X \pm S_X^{**}$, %	C_V^{***} , %	Lim*, %	$X \pm S_X^{**}$, %	C_V^{***} , %
85...90	$88 \pm 2,7$	3,11	75...85	$80 \pm 5,0$	6,3

Примечание. * — крайние значения всхожести; ** — среднее значение и стандартное отклонение; *** — коэффициент вариации.

Table 3

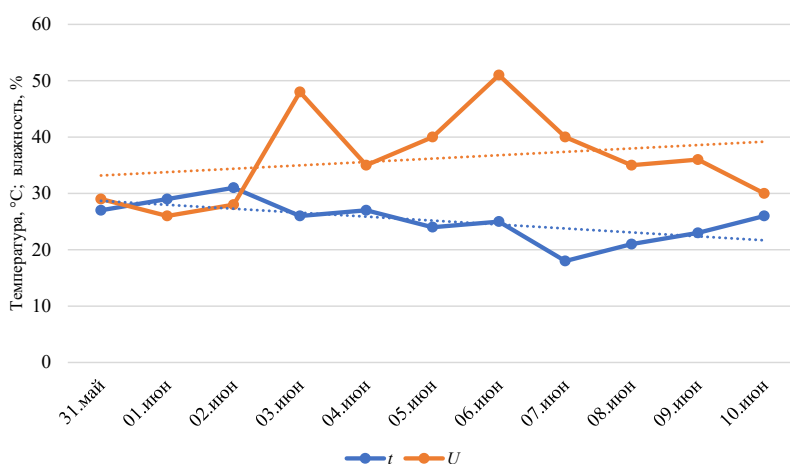
Laboratory germination of 'Poseidon 625' *Helianthus annuus* seeds

Laboratory germination, %			Seed vigor, %		
Lim*, %	$X \pm S_X^{**}$, %	C_V^{***} , %	Lim*, %	$X \pm S_X^{**}$, %	C_V^{***} , %
85...90	88 ± 2.7	3.11	75...85	80 ± 5.0	6.3

Note. * — extreme germination values, ** — average value and standard deviation, *** — coefficient of variation.

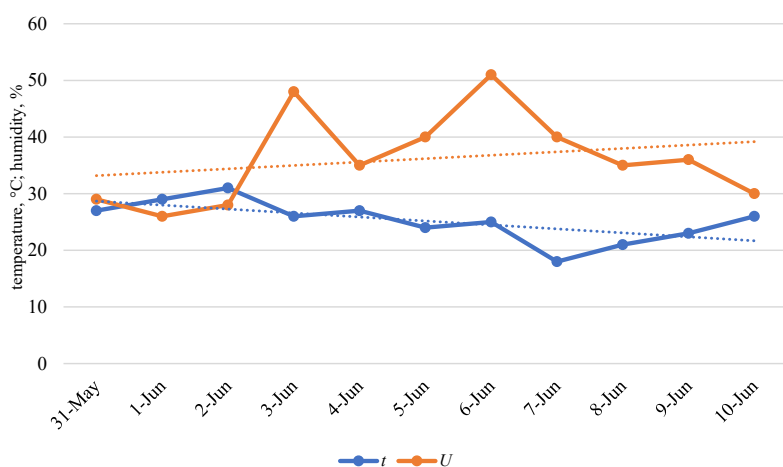
Отмечено, что всхожесть по пробам достаточно однородная, что подтверждается низким значением C_V , равным 3 %. Энергия прорастания достаточно высока и составляет 80 ± 5 % также с низким показателем изменчивости по пробам ($C_V = 6$ %). Результаты всхожести подтвердили высокое качество исследуемых семян.

Климатические параметры проанализированы на основе данных по температуре и влажности среды на момент прорастания семян подсолнечника при грунтовом посеве. Для каждого дня вывели среднее значение по пяти замерам температуры и влажности в течение суток и составили график (рисунок) их динамики по времени от грунтового посева семян до учета показателя полевой всхожести.



Динамика температуры t и влажности U в период «посев – всхожесть» семян подсолнечника

Источник: составлено Н.М. Назаровой, Д.Г. Федоровой, А.М. Гвоздиковой с использованием MS Excel



Dynamics of temperature t and humidity U during the “sowing – germination” stage of sunflower seeds

Source: created by N.M. Nazarova, D.G. Fedorova, A.M. Gvozdikova using MS Excel software

Средняя температура за период наблюдений составляла 25 ± 5 °С с регистрацией температурных перепадов средней степени изменчивости ($C_V = 18$ %). Влажность регистрировалась на уровне 36 ± 11 % и варьировала в течении наблюдений значительно ($C_V = 31$ %). Линии тренда на графиках позволяют констатировать факт увеличения влажности среды и снижения температуры атмосферного воздуха в период полевого опыта.

При высева семян в открытый грунт первые всходы наблюдали уже спустя 3 дня после закладки опыта (табл. 4).

Таблица 4

Грунтовая всхожесть семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625'

Повторность	Дата появления первых проростков	Полные проростки*, дата шт.	Полевая всхожесть, дата %	Быстрота всходов**, дни	Растянность прорастания***, дни
1	2,06	<u>7.06</u> 84	<u>9.06</u> 88	3	7
2		<u>7.06</u> 88	<u>8.06</u> 88		6
3		<u>9.06</u> 83	<u>9.06</u> 88		7
4		<u>8.06</u> 79	<u>11.06</u> 81		9
5		<u>8.06</u> 77	<u>11.06</u> 80		9

Примечание. * — 75 % проростков; ** — количество дней от высева семян до появления первых проростков; *** — количество дней от первых до последних всходов проростков.

Table 4

Soil germination of 'Poseidon 625' *Helianthus annuus* seeds

Replication	Date of appearance of first seedlings	Full seedlings*, date number	Field germination, date %	Speed of germination**, days	Length of germination***, days
1	2.06	<u>7.06</u> 84	<u>9.06</u> 88	3	7
2		<u>7.06</u> 88	<u>8.06</u> 88		6
3		<u>9.06</u> 83	<u>9.06</u> 88		7
4		<u>8.06</u> 79	<u>11.06</u> 81		9
5		<u>8.06</u> 77	<u>11.06</u> 80		9

Note.* — 75 % of seedlings, ** — the number of days from sowing the seeds to the appearance of the first seedlings, *** — the number of days from the first to the last shoots of seedlings.

Всхожесть регистрировали на 11 сутки после посева, так как именно за этот срок появляются все проростки. Однако срок всхожести семян в пробах значительно варьирует ($C_V = 14\%$). Полевая всхожесть также, как и лабораторная, слабо изменяется по пробам ($C_V = 5\%$) и составляет в среднем $85 \pm 4\%$.

В большей степени варьирует величина растянутости прорастания семян подсолнечника по дням ($C_V = 18\%$). В среднем от момента появления всходов до полной всхожести семян проходит 8 ± 1 дней.

Так как сроки регистрации показателя полевой всхожести варьируют по пробам опыта, для более детального исследования мы регистрировали дату наступления 75%-й всхожести проростков (полные проростки). Полные проростки появляются на 9 сутки после высева семян в открытый грунт и обладают меньшей изменчивостью ($C_V = 11\%$) по пробам, в отличие от полевой всхожести.

Для установления линейных связей между анализируемыми данными применен коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Установлена высокая корреляционная зависимость (при $p < 0,05$) между энергией прорастания семян подсолнечника и их лабораторной всхожестью ($0,9$; $p\text{-level} = 0,01$). Обратно пропорциональная зависимость высокой степени значимости установлена между полными проростками и полевой всхожестью с растянутостью прорастания семян подсолнечника Посейдон 625 в условиях Оренбуржья по дням ($-0,9$; $p\text{-level} = 0,01$ и $-0,8$; $p\text{-level} = 0,05$ соответственно). Это позволяет доказать факт того, что прорастание семян значительно растягивается по времени. Уровень полевой всхожести зависит от величины полного прорастания семян ($0,9$; $p\text{-level} = 0,04$).

При установлении зависимости между дескриптивными показателями семян с климатическими факторами среды, установлена прямо пропорциональная связь средней степени значимости между динамикой температуры в период проведения наблюдений и регистрацией 75%-й полевой всхожести семян ($0,8$; $p\text{-level} = 0,1$). Также статистически значимым оказалось влияние температуры на растянутость появления всходов: увеличение температурного показателя значительно сокращает период растянутости всходов подсолнечника ($0,8$; $p\text{-level} = 0,1$). Влажность не является статистически значимым показателем, оказывающим хоть какое-то влияние на анализируемые параметры прорастания семян подсолнечника.

Заключение

1. Среди проанализированных дескриптивных показателей семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625' наиболее инвариантными по пробам являются длина семени и масса 1000 семян ($13,12 \pm 1,2$ мм и $266,3 \pm 3,7$ г соответственно).

2. Методом параметрического корреляционного анализа Пирсона установлено, что вес семян *Helianthus annuus* 'Посейдон 625' определяется длиной семени (на уровне статистической значимости $p < 0,5$).

3. Лабораторная всхожесть и энергия прорастания высокие — 88 и 80 % соответственно. Варьирование параметра лабораторной всхожести низкое (C_V до 3 %), что позволяет определить исследуемые семена как высококачественные.

4. Полевая всхожесть семян *Helianthus annuus* ‘Посейдон 625’ достаточно высокая — по вариантам опыта изменяется слабо ($C_V = 5\%$) и в среднем находится на уровне 85 %.

5. Методом непараметрического статистического анализа установлена высокая зависимость (при $p < 0,05$) между энергией прорастания семян *Helianthus annuus* ‘Посейдон 625’ и их лабораторной всхожестью. Полевая всхожесть определяется прорастанием 75 % семян, высеванных в конкретном варианте опыта.

6. Доказана зависимость средней степени значимости регистрации показателя 75 % полевой всхожести семян от температуры среды (0,8; p -level = 0,1). Также установлено, что увеличение температурного показателя на ранних этапах онтогенеза значительно сокращает период растянутости всходов *Helianthus annuus* ‘Посейдон 625’ (0,8; p -level = 0,1).

Список литературы / References

1. Makarenko M, Usatov A, Tatarinova T, Azarin K, Kovalevich A, Gavrilova V, et al. The investigation of perennial sunflower species (*Helianthus* L.) mitochondrial genomes. *Genes*. 2020;11(9):982. doi: 10.3390/genes11090982
2. Buti M, Giordani T, Cattonaro F, Cossu RM, Pistelli L, Vukich M, et al. Temporal dynamics in the evolution of the sunflower genome as revealed by sequencing and annotation of three large genomic regions. *Theor Appl Genet*. 2011;123:779—791. doi: 10.1007/s00122-011-1626-4
3. Celus M, Salvia-Trujillo L, Kyomugasho C, Maes I, Van Loey AM, Grauwet T, et al. Structurally modified pectin for targeted lipid antioxidant capacity in linseed/sunflower oil-in-water emulsions. *Food Chem*. 2018;241:86—96. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.08.056
4. Zhang Y, Zhang WL. Analysis of changes and trends in world sunflower production and trade structure. *World Agric*. 2018;9:119—126.
5. Bushnev AS, Gridnev AK, Orekhov GI, Kurilova DA. Impact of agrotechnical methods on improvement of sowing qualities of F1 seeds of sunflower hybrid Fakel on hybridization plot (report I). *Oil Crops*. 2021;(3):19—28. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608X-2021-3-187-19-28
Бушнев А.С., Гриднев А.К., Орехов Г.И., Курилова Д.А. Влияние агротехнических приемов на улучшение посевных качеств семян F₁ гибрида подсолнечника Факел на участке гибридизации (сообщение I) // Масличные культуры. 2021. № 3 (187). С. 19—28. doi: 10.25230/2412-608X-2021-3-187-19-28
6. Bushnev AS, Orekhov GI, Podlesny SP. Productivity potential of new domestic sunflower hybrids depending on growing conditions. *AgroForum*. 2020;(2):58—61. (In Russ.).
Бушнев А.С., Орехов Г.И., Подлесный С.П. Потенциал продуктивности новых отечественных гибридов подсолнечника в зависимости от условий выращивания // АгроФорум. 2020. № 2. С. 58—61. EDN: KWCONC
7. Nonogaki H, Bassel GW, Bewley JD. Germination—still a mystery. *Plant Science*. 2010;179(6):574—581. doi: 10.1016/j.plantsci.2010.02.010
8. Wang L, Hu W, Zahoor R, Yang X, Wang Y, Zhou Z, et al. Cool temperature caused by late planting affects seed vigor via altering kernel biomass and antioxidant metabolism in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crop Res*. 2019;236:145—154. doi: 10.1016/j.fcr.2019.04.002
9. Rajjou L, Duval M, Gallardo K, Catusse J, Bally J, Job C, et al. Seed germination and vigor. *Annu Rev Plant Biol*. 2012;63:507—533. doi: 10.1146/annurev-arplant-042811-105550
10. Dang X, Thi TGT, Dong G, Wang H, Edzesi WM, Hong D. Genetic diversity and association mapping of seed vigor in rice (*Oryza sativa* L.). *Planta*. 2014;239:1309—1319. doi: 10.1007/s00425-014-2060-z

11. Chen M, Thelen JJ. The plastid isoform of triose phosphate isomerase is required for the postgerminative transition from heterotrophic to autotrophic growth in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*. 2010;22(1):77–90. doi: 10.1105/tpc.109.071837

12. Huang Y, Cai S, Ruan X, Xu J, Cao D. CSN improves seed vigor of aged sunflower seeds by regulating the fatty acid, glycometabolism, and abscisic acid metabolism. *J Adv Res*. 2021;33:1–13. doi: 10.1016/j.jare.2021.01.019

13. Zamani S, Naderi MR, Soleymani A, Nasiri BM. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2020;190:110017. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.110017

14. Sher A, Arfat MY, Ul-Allah S, Sattar A, Ijaz M, Manaf A, et al. Conservation tillage improves productivity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under reduced irrigation on sandy loam soil. *PLoS One*. 2021;16(12): e0260673. doi: 10.1371/journal.pone.0260673

15. Oracz K, El-Maarouf-Bouteau H, Bogatek R, Corbineau F, Bailly C. Release of sunflower seed dormancy by cyanide: cross-talk with ethylene signalling pathway. *J Exp Bot*. 2008;59(8):2241–2251. doi: 10.1093/jxb/ern089

16. Ludanova EV, Malai NF, Shurupov VG. Plant density influence on productivity of sunflower. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2015;(4):101–103. (In Russ.). doi: 10.18522/0321-3005-2015-4-101-103

Луданова Е.В., Малай Н.Ф., Шурупов В.Г. Влияние густоты стояния растений на продуктивность подсолнечника // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2015. № 4 (188). С. 101–103. EDN: VAYIDX

Об авторах:

Назарова Наталья Михайловна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научной группы Ботанического сада, Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: nazarova-1989@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-код: 1242-9420

Федорова Дарья Геннадьевна — кандидат биологических наук, руководитель научной группы Ботанического сада, Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: daryaorlova24@rambler.ru

ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-код: 6805-9269

Гвоздикова Анастасия Михайловна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-образовательного центра «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: anastasiaporv@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7981-7245 SPIN-код: 8099-9606

About the authors:

Nazarova Natalia Mikhailovna — Candidate of Biological Sciences, Senior researcher, Botanical Garden, Orenburg State University, 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation; e-mail: nazarova-1989@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-code: 1242-9420

Fedorova Daria Gennadievna — Candidate of Biological Sciences, head of the scientific group, Botanical Garden, Orenburg State University, 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation; e-mail: daryaorlova24@rambler.ru

ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-code: 6805-9269

Gvozdikova Anastasia Mikhailovna — Candidate of Biological Sciences, Senior researcher, Scientific and Educational Center «Biological Systems and Nanotechnology», Orenburg State University, 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation; e-mail: anastasiaporv@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7981-7245 SPIN-code: 8099-9606



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry







DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-431-446

УДК 631.461(571.51)

EDN BVDKCD


Научная статья / Research article

Микробные сообщества городских почв Норильской агломерации

М.В. Корнейкова¹  , Н.В. Салтан² , Е.В. Козлова¹ ,
М.В. Васильева¹ , П.Д. Давыдова¹ , Е. Бережной¹

¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

²Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина — обособленное подразделение федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр» РАН, г. Анапиты, Российская Федерация

 korneykova.maria@mail.ru

Аннотация. Уникальное сочетание экстремальных природно-климатических условий и антропогенной нагрузки делает арктические города важным и актуальным объектом исследований. Микробные сообщества являются чуткими индикаторами изменений процессов индустриализации и урбанизации, последствия которых в Арктической зоне мало изучены и слабо предсказуемы. Цель исследования — оценка микробиологического потенциала городских почв Норильской агломерации (Кайеркан, Норильск, Оганер и Талнах) к выполнению экологических функций на основе изучения некоторых микробиологических параметров. Изучены численность сапротрофных и олиготрофных бактерий, микроскопических грибов (метод микробиологического посева), микробная биомасса и дыхание (метод субстрат индуцированного дыхания), функциональное разнообразие микробных сообществ (техника MicroResp™), санитарно-гигиеническое состояние почв. Выявлено, что городские почвы характеризовались низкой микробной биомассой (от 107 до 159 мкг С г⁻¹) по сравнению с фоновыми, но достаточным микробным дыханием (от 0,28 до 0,64 мкг С г⁻¹ч⁻¹), что свиде-

© Корнейкова М.В., Салтан Н.В., Козлова Е.В., Васильева М.В., Давыдова П.Д., Бережной Е., 2024



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

тельствует об их высокой активности. В городских почвах отмечено увеличение численности культивируемых бактерий и микроскопических грибов, в отдельных районах — увеличение функционального разнообразия микробных сообществ по сравнению с фоном. В сообществе преобладали микроорганизмы, способные разлагать легкодоступные соединения: углеводы и карбоксильные кислоты, но также велика доля (до 20 %) микроорганизмов, утилизирующих труднорастворимые соединения. Санитарно-гигиеническое состояние городских почв агломерации оценено как умеренно опасное. Отмечено увеличение численности бактерий группы кишечной палочки, энтеробактерий и оппортунистических микромицетов, что в целом характерно для городских экосистем и не является критическим. Выявленные закономерности позволили предположить, что городская зеленая инфраструктура может формировать ниши для развития микроорганизмов, которые могут эффективно выполнять экологические функции, несмотря на стрессовые условия. Сделан вывод об особой актуальности комплексного экологического подхода к решению проблем озеленения и благоустройства арктических городов, подбора ассортимента растений и технологий ухода и содержания зеленых насаждений, способствующих формированию устойчивых и здоровых городских экосистем.

Ключевые слова: микробная биомасса, микробная активность, функциональное разнообразие, санитарно-гигиеническое состояние почв, арктические урбоэкосистемы

Вклад авторов: Корнейкова М.В. — формирование идеи исследования, выбор точек отбора образцов и методов анализа, анализ и сведение полученных результатов, подготовка текста статьи; Салтан Н.В. — подготовка литературного обзора по теме исследования, статистическая обработка полученных результатов; Козлова Е.В. — анализ микробной биомассы, базального дыхания, обработка полученных результатов и их визуализация; Васильева М.В. — анализ функционального разнообразия почвенного микробного сообщества, обработка полученных результатов и их визуализация; Давыдова П.Д. — анализ сообщества условно патогенных микроорганизмов, обработка полученных результатов и их визуализация; Бережной Е.Д. — отбор почвенных образцов, пробоподготовка для анализа.

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

Финансирование. Полевые работы, отбор почвенных образцов и микробиологические анализы выполнены в рамках темы НИР по госзаданию FSSF-2024-0023. Анализ оппортунистической микробиоты городских почв проводили при поддержке гранта РФФ № 23-17-00118.

История статьи: поступила в редакцию 09.08.2024; принята к печати 29.08.2024.


Для цитирования: Корнейкова М.В., Салтан Н.В., Козлова Е.В., Васильева М.В., Давыдова П.Д., Бережной Е. Микробные сообщества городских почв Норильской агломерации // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 431–446. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-431-446

Microbial communities of urban soils in the Norilsk agglomeration

Maria V. Korneykova¹  , Natalia V. Saltan² , Ekaterina V. Kozlova¹ ,
Maria N. Vasileva¹ , Polina D. Davydova¹ , Egor D. Berezhnoi¹

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Polar Alpine Botanical Garden-Institute — Subdivision of the Federal Research Centre, Kola Science Centre of Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation

 korneykova.maria@mail.ru

Abstract. Arctic cities are an important and relevant object of research due to the unique combination of extreme natural and climatic conditions and anthropogenic impact. Microbial communities are sensitive indicators of changes occurring as a result of anthropogenic impact, including urbanization, the consequences

of which in the Arctic zone are poorly studied and poorly predictable. The aim of this study was to assess the microbiological potential of urban soils of the Norilsk agglomeration (Norilsk, Kayerkan, Oganer and Talnakh) to perform ecological functions based on the study of some microbiological parameters. The number of saprotrophic and oligotrophic bacteria, microscopic fungi (plating method), microbial biomass and respiration (substrate induced respiration method), functional diversity of microbial communities (MicroResp™ technique), and the sanitary and hygienic state of soils were studied. It was revealed that urban soils were characterized by low microbial biomass (from 107 to 159 $\mu\text{g C g}^{-1}$) compared to the background, but sufficient microbial respiration (from 0.28 to 0.64 $\mu\text{g C g}^{-1}\text{h}^{-1}$), which indicates their high activity. An increase in the number of culturable bacteria and microscopic fungi was noted in urban soils and, in some areas, an increase in the functional diversity of microbial communities compared to the background. Microorganisms capable of decomposing easily accessible compounds — carbohydrates and carboxylic acids — prevailed in the community, but the proportion of microorganisms utilizing difficult-to-decompose compounds was also high (up to 20%). The sanitary and hygienic condition of urban soils of the agglomeration was assessed as moderately hazardous. An increase in the number of coliform bacteria, enterobacteria and opportunistic microfungi has been noted, which is generally characteristic of urban ecosystems and is not critical. The identified patterns suggest that urban green infrastructure can form niches for the microorganisms that can effectively perform ecological functions despite stressful conditions. In this case, issues of an integrated environmental approach to solving the problems of landscaping and improvement of Arctic cities, selecting a range of plants and technologies for the care and maintenance of green infrastructure are becoming increasingly relevant, which will contribute to the formation of sustainable and healthy urban ecosystems.

Keywords: microbial biomass, microbial activity, functional diversity, sanitary and hygienic condition of soils, arctic urban ecosystems

Author contributions: Korneykova M.V. — designed the research, selected sampling points and analysis methods, analyzed the obtained results, prepared the manuscript; Saltan N.V. — prepared the literature review on the research topic, processed statistically the obtained results; Kozlova E.V. — analyzed microbial biomass, basal respiration, processed and visualized the obtained results; Vasilyeva M.V. — analyzed the functional diversity of the soil microbial community, processed and visualized the obtained results; Davydova P.D. — analyzed the community of opportunistic microorganisms, processed and visualized the obtained results; Berezhnoy E.D. — collected soil samples, prepared samples for analysis.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Funding. Field work, soil sampling and microbiological analyses were carried out within the framework of the state assignment FSSF-2024-0023. The analysis of opportunistic microbiota of urban soils was performed with the support of the Russian Science Foundation Grant No. 23-7-00118.

Article history: Received: 9 August 2024. Accepted: 29 August 2024.

For citation: Korneykova M.V., Saltan N.V., Kozlova E.V., Vasileva M.N., Davydova P.D., Berezhnoi E.D. Microbial communities of urban soils in the Norilsk agglomeration. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):431–446. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-431-446

Введение

Почвы Арктического региона, являющиеся важнейшим депо органического углерода, составляющего около половины мировых почвенных запасов [1, 2], становятся основным объектом изучения в условиях изменения климата и интенсивной урбанизации. Норильская агломерация — уникальный пример сочетания суровых климатических условий и высокой антропогенной нагрузки. На естественные лимитирующие факторы (близкое залегание к поверхности многолетней мерзлоты,

сезонное переувлажнение, невысокое содержание органического вещества и макроэлементов) накладываются антропогенные процессы (загрязнение тяжелыми металлами, переуплотнение и запечатывание). В результате почвы Норильской агломерации отличаются очень высокой неоднородностью: от природных и квази-природных почв фоновых территорий на границе селитебных зон до почвоподобных образований из техногенных отложений (шлам, гравий, строительный мусор), перекрытых завезенными грунтами различного происхождения, свойств и экологического качества.

Известно, что микробиом арктических почв очень своеобразен [3, 4]. Понимание его состава, структуры и стабильности необходимо для прогнозирования изменений в функционировании экосистем в условиях потепления Арктики. Ожидается, что повышение температуры и сопряженное с ним изменение растительного покрова приведут к изменению скорости минерализации органического вещества, его гумификации и фундаментальным изменениям в микробном сообществе [5–7]. Отдельный интерес представляют почвы арктических городов, где помимо климатического фактора и антропогенной нагрузки существенное влияние на функционирование почвенного микробного сообщества могут оказывать субстраты, используемые для создания почвенных конструкций, ассортимент растений, используемых в озеленении, и технологии ухода за зелеными насаждениями. Кроме того, эффект «теплового острова» может создавать благоприятные условия для выживания и развития микроорганизмов, реализуя специфические ниши, которые могут превратиться в своеобразные очаги биоразнообразия микроорганизмов [4, 8].

Существуют работы, посвященные изучению химических и микробиологических свойств почв арктических регионов, однако большинство из них сосредоточены на роли почв в секвестрации и стабилизации органического вещества [9–11].

Мы в своем **исследовании** сделали акцент на **цели** изучения функциональной структуры почвенных микробных сообществ городских экосистем арктического региона на примере Норильской агломерации, в т. ч. на оценке структуры культивируемого микробного сообщества для последующей анализа долевого участия патогенных микроорганизмов, что является очень важным для здоровья городского населения.

Материалы и методы исследования

Объекты исследований

Норильская агломерация — это система отдельно расположенных жилых районов: собственно Норильск, Оганер, Талнах, Кайеркан — характеризуется крайне суровым климатом субарктического типа. Особенностью зимы является сочетание низких температур и сильного шквального ветра. Период устойчивых морозов (до $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$) длится около 280 дней в году, при этом отмечается более 130 дней с метелями. Климатическая зима длится с начала второй декады сентября по первую декаду мая. Лето короткое (с конца июня по конец августа), прохладное ($+10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) и пасмурное; климатическое лето наступает лишь в отдельные теплые годы [12].

С учетом естественной почвенной неоднородности Норильской агломерации исследования проводили в названных выше четырех районах (рис. 1). На территории каждого района были выделены городские и фоновые объекты.



Рис. 1. Схема расположения и площадь объектов исследования

Источник: выполнил Н.В. Салтан с использованием Google Map



Fig. 1. Location and area of research plots

Source: created by N.V. Saltan using Google Map

Норильск ($69^{\circ}20'01''$ с.ш. $88^{\circ}12'49''$ в.д.), площадью $5,8 \text{ км}^2$, расположен на юге Таймырского полуострова, в 300 км к северу от Северного полярного круга в Арктической зоне Красноярского края (восточная Арктика), характеризуется развитым промышленным комплексом (предприятия цветной металлургии, горнодобывающей, топливно-энергетической, газовой и других отраслей промышленности).

Кайеркан ($69^{\circ}21'11''$ с.ш. $87^{\circ}45'22''$ в.д.), площадью $1,5 \text{ км}^2$, находится в 24 километрах к западу от центральной части. Входит в тройку самых загрязненных городов мира.

Оганер (69°21'32'' с.ш. 88°22'10'' в.д.) расположен в 8 км восточнее от центра Норильска, на левом берегу р. Норилки. Самое молодое жилое образование Норильской агломерации, небольшое по площади.

Талнах (69°30'38'' с.ш. 88°21'48'' в.д.) — район, находящийся в 25 км к северо-востоку от центра Норильска, характеризуется самой благополучной экологической ситуацией. Площадь — 4 км².

Отбор образцов и подготовка почвы к анализу. Отбор проб для микробиологического анализа и подготовку почвы для лабораторных исследований проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01–2017¹; ГОСТ 17.4.4.02–2017². Образцы отбирали из верхнего слоя 0–10 см, транспортировали в лабораторию и хранили в холодильнике при температуре +4 °С.

Определение микробной биомассы, микробного метаболического коэффициента. Углерод микробной биомассы $C_{\text{мик}}$ определяли методом субстрат-индуцированного дыхания, который заключается в измерении эмиссии CO_2 , продуцируемого почвенными микроорганизмами в течение 3–5 часов после добавления в почву 0,1 мл раствора 5 % легкодоступного субстрата — глюкозы — по стандартной методике [13]. Базальное дыхание (БД) измеряли аналогичным методом, добавляя воду (0,1 мл/г почвы) и инкубируя образцы 24 часа. Измерение CO_2 проводили на газовом хроматографе Crystal-5000.2. На основе базального дыхания и углерода микробной биомассы проводили расчет микробного метаболического коэффициента $q\text{CO}_2$.

Определение функционального разнообразия микробного сообщества. Физиологический профиль микробного сообщества почвы оценивали техникой MicroRespTM [14, 15]. Анализировали отклик на 14 субстратов, относящихся к группам аминокислот (лейцин, глицин, аргинин, аминокислота и аспарагиновая), углеводов (глюкоза, фруктоза, галактоза), карбоновых (аскорбиновая, лимонная, уксусная) и фенольных (сиреневая, ванилиновая) кислот. Изменение окраски геля измеряли на микропланшетном ридере («Униплан», $\lambda 595$ нм).

Определение численности культивируемых бактерий и микроскопических грибов. Численность сапротрофных бактерий определяли методом поверхностного посева на мясопептонный агар, численность олиготрофных бактерий — на слабоминерализованную среду Аристовской. Численность грибов определяли методом глубинного посева на среду Чапек-агар с добавлением молочной кислоты для подавления роста бактерий. Расчеты численности бактерий и грибов проводили на абсолютно сухую почву, прокаленную при 105 °С до постоянного веса. Выделение чистых культур микроорганизмов проводили из накопительных культур. Анализ видового разнообразия грибов выполняли на основе культурально-морфологических признаков с использованием определителей [16, 17].

Определение численности условно патогенных микроорганизмов. Оценку санитарно-гигиенического состояния почвы проводили на основе СанПиН 1.2.3685–21³. Численность бактерий группы кишечной палочки (БГКП)

¹ ГОСТ 17.4.3.01–2017. Почвы. Общие требования к отбору проб. М., 2018.

² ГОСТ 17.4.4.02–2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 2018.

³ ГОСТ 17.4.4.02–2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 2018.

определяли на среде Эндо, энтеробактерий — на специализированной лактозо-пептонной среде и среде Кода. Условно патогенные виды грибов идентифицировали по определителям [18, 19] и на основе нормативного документа СП 1.3.2322–08⁴.

Результаты исследования и обсуждение

Микробная биомасса и активность

В городских почвах районов Норильской агломерации величина микробной биомассы изменялась от 107 до 159 мкг С*г⁻¹ (рис. 2, а). Не выявлено существенной разницы между городскими почвами 4 изучаемых районов. Однако по сравнению с фоновой почвой микробная биомасса была существенно ниже: в Кайеркане и Талнахе в 4,5 и 6 раз соответственно, в центральном районе и Оганере приблизительно в 2 раза. В целом для городских почв Норильской агломерации характерны низкие значения микробной биомассы, по сравнению как с регионами, расположенными в средней полосе, например, Москва [20, 21], Курск [22], так и с северными городами, такими как Мурманск, Апатиты [23]. Низкие значения микробной биомассы можно объяснить слабо развитым растительным покровом в районах исследования, неблагоприятными физико-химическими свойствами почвы (переуплотнение, низкое содержанием органического вещества, рН и пр.), а также высоким уровнем содержания загрязняющих веществ, в первую очередь тяжелых металлов.

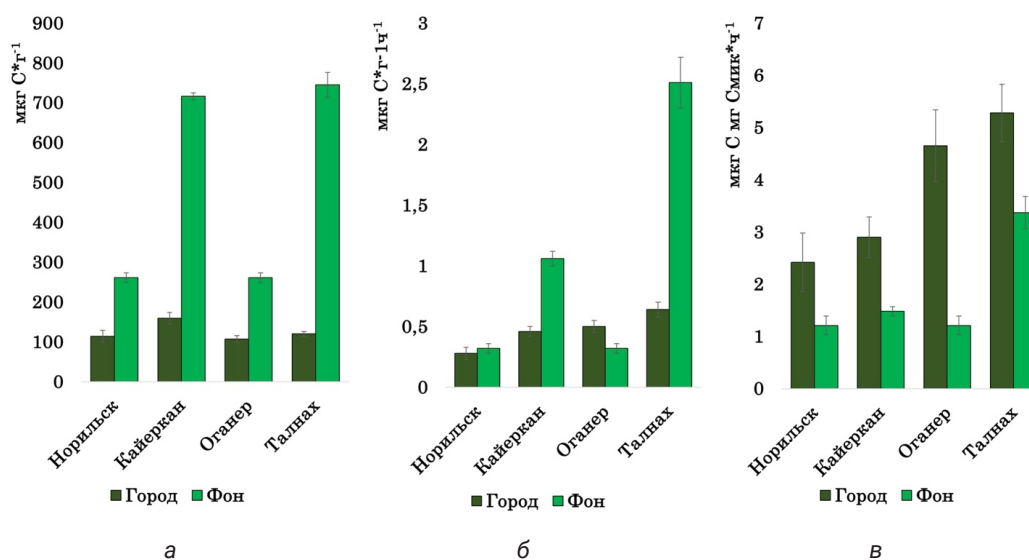


Рис. 2. Микробная биомасса (а), базальное дыхание (б) и микробный метаболический коэффициент (в) в почвах районов Норильской агломерации по сравнению с фоновыми

Источник: выполнила М.В. Корнейкова с помощью Microsoft Excel

⁴ СП 1.3.2322–08. Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней. М., 2021.

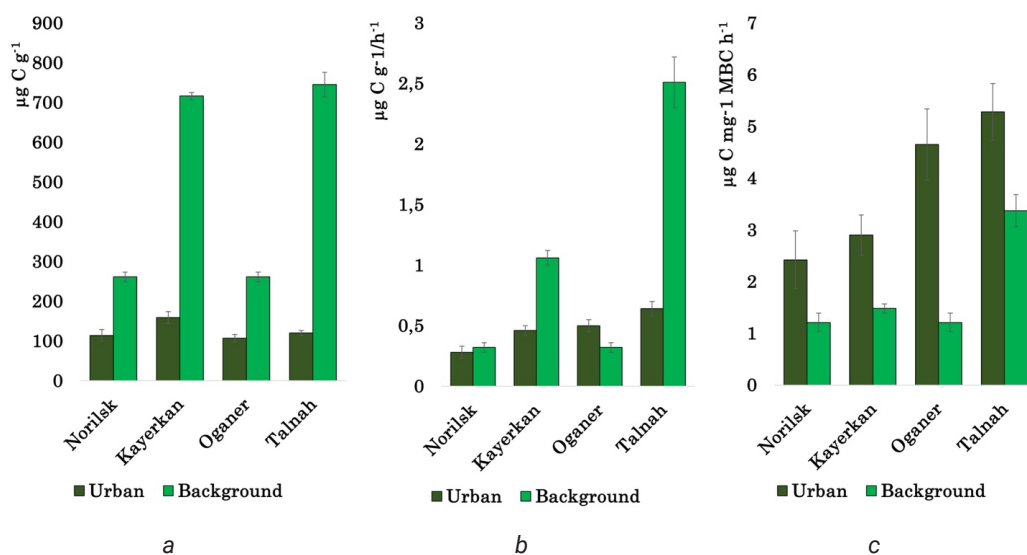


Fig. 2. Microbial biomass (a), basal respiration (b) and microbial metabolic quotient (c) in soils of the Norilsk agglomeration areas compared to background ones

Source: created by M.V. Korneykova using Microsoft Excel

Величина микробного дыхания в городских почвах изменялась от 0,28 до 0,64 и была ниже по сравнению с фоновой почвой во всех районах за исключением Оганера (см. рис. 2, б). В Талнахе отмечена наибольшая разница в значениях микробного дыхания между городскими и фоновыми почвами. В целом значения интенсивности микробного дыхания сопоставимы с таковыми для других северных городов [23]. Низкие значения содержания углерода микробной биомассы и достаточное микробное дыхание в почвах Норильской агломерации свидетельствуют о высокой активности почвенных микроорганизмов.

Значения микробного метаболического коэффициента (см. рис. 2, в), который является индикатором состояния почвенного микробного сообщества [24, 25], в городских почвах выше (от 2,4 до 5,3) по сравнению с фоновыми (от 1,2 до 3,4), что свидетельствует о неустойчивом состоянии почвенных микробных сообществ в условиях города. Ранее проведенные в других северных городах исследования выявили противоположные результаты и, например, в Апатитах и Мурманске значения микробного метаболического коэффициента были ниже, чем в фоне. Вероятно, мощная антропогенная нагрузка от близ расположенных промышленных предприятий и более суровый климат в Норильске неблагоприятно сказываются на почвенных микробных сообществах и затрудняют их развитие.

Функциональное разнообразие почвенных микробных сообществ

Функциональное разнообразие микробных сообществ определяется как «сумма экологических процессов и/или способности использовать различные субстраты, вырабатываемые организмами» [26]. Emmerling et al. отмечают, что если генетическое разнообразие микробных сообществ оценивает латентное разнообразие,

которое может не проявляться, то функциональное разнообразие связано с фактической деятельностью микроорганизмов, являющейся результатом этого потенциала, так что «функциональное, а не таксономическое разнообразие может обеспечить более глубокое понимание роли микробов в экосистемах» [27].

Кайеркан

Городские почвы Кайеркана характеризовались небольшим разнообразием функциональных групп почвенного микробного сообщества (рис. 3, а). В основном это микроорганизмы, способные разлагать углеводы и карбоксильные кислоты. Тогда как функциональное разнообразие микробных сообществ в фоновых почвах было существенно богаче. Выявлены отклики на все группы тестируемых субстратов. Активность микроорганизмов, анализируемая по силе отклика (интенсивности окраски на тепловой диаграмме), также была существенно больше, чем на городских объектах Кайеркана.

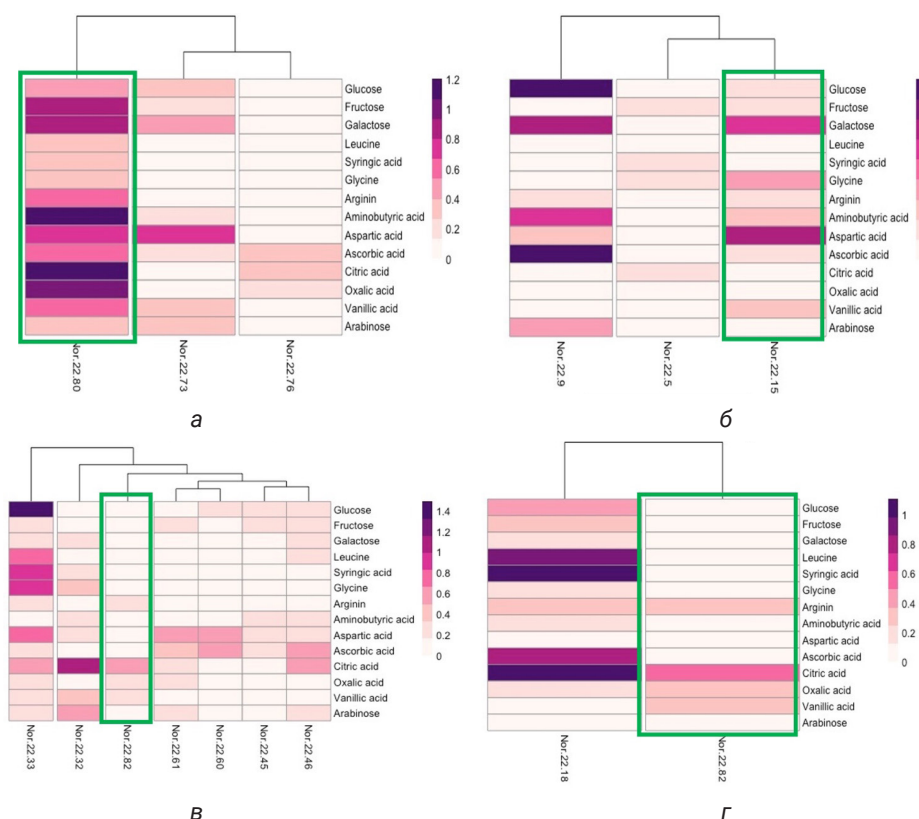


Рис. 3. Тепловая диаграмма функционального разнообразия почвенных микробных сообществ в почвах Норильской агломерации в сравнении с фоновыми: **а** – Кайеркан; **б** – Талнах; **в** – Норильск; **г** – Оганер. Зеленая линия – фоновый участок

Источник: выполнила М.Н. Васильева с помощью R 4.3.3, R studio

Fig. 3. Heat map of the functional diversity of soil microbial communities in the soils of the Norilsk agglomeration in comparison with the background ones: **a** – Kayerkan; **b** – Talnakh; **v** – Norilsk; **g** – Oganer. The green line is the background area

Source: created by M.N. Vasileva using R 4.3.3, R studio

Талнах

В Талнахе, как и в Кайеркане, в городских почвах выявлено угнетение разнообразия микробных сообществ по сравнению с фоном, однако на разных объектах Талнаха результаты существенно различались. Так, один из участков города отличался очень низким разнообразием и слабым откликом, а на втором разнообразие групп было больше, и величина отклика на некоторые из субстратов (глюкоза и аскорбиновая кислота) были выше, чем в фоновой почве, что, вероятно, вызвано наличием доступных субстратов в городских почвах.

Норильск

Функциональный профиль микробного сообщества в городских почвах Норильска отличался от двух предыдущих. В городских почвах разнообразие было существенно выше (отмечался отклик на 3...13 субстратов на разных участках), чем в фоновой, где отмечен отклик только на 4 субстрата. Однако, несмотря на большое разнообразие функциональных групп почвенных микроорганизмов, активность последних была слабой. Только на одном из городских участков сила отклика была значимой, в основном на группу углеводов.

Оганер

В Оганере, так же, как и в Норильске, функциональное разнообразие и активность была выше в городе по сравнению с фоном (11 и 4 отклика на субстраты соответственно). Наиболее сильный отклик отмечен для группы карбоксильных кислот, на лейцин (группа аминокислот) и сиреневую кислоту, относящуюся к группе фенольных трудноразлагаемых соединений.

Функциональное разнообразие почвенных микробных сообществ в разных районах Норильской агломерации по-разному изменялось в сравнении с фоновой почвой. Можно предположить, что в Кайеркане причиной низкого разнообразия микробных сообществ в городе является очень скудный растительный покров из-за сильных ветров, а в Талнахе — самом чистом районе и, казалось бы, с ожидаемо высоким разнообразием — причиной может быть более богатый растительностью фоновый участок, расположенный в зоне северной тайги. В Норильске и Оганере выявлено увеличение разнообразия функциональных групп микробных сообществ по сравнению с фоном, что согласуется с другими исследованиями, проведенными в городах [28—31].

Численность культивируемых микроорганизмов

Среди культивируемых прокариот олиготрофные бактерии преобладали над сапротрофными на всех участках как в городских условиях, так и в фоновых почвах (таблица). Вероятно, это связано с климатическими особенностями района исследований. В работах других авторов уже отмечалась подобная тенденция [32, 33]. Средняя численность сапротрофных бактерий в городских почвах колебалась в пределах от 20,2 до 73,7 тыс. КОЕ/г почвы, олиготрофных — от 35,7 до 102,0 тыс КОЕ/г и существенно не отличалась от фоновых почв, где значения изменялись от 13,2

до 28,8 тыс. КОЕ/г почвы для сапротрофов и от 25,8 до 83,2 тыс. КОЕ/г почвы — для олиготрофов. Во всех районах Норильской агломерации численность обеих групп бактерий в городских почвах была выше, чем в фоновых примерно в 1,5 раза.

Численность бактерий и микроскопических грибов в городских почвах

Объект	Тип	Бактерии				Микромицеты, тыс. КОЕ/г
		Сапротрофные	Олиготрофные	БГКП	Энтеробактерии	
		тыс. кл/г почвы		КОЕ/г почвы		
Норильск	Город	20,2 ± 0,5	47,8 ± 5,2	30,7 ± 2,5	16,5 ± 3,5	0,14 ± 0,03
	Фон	13,2 ± 1,5	26,2 ± 2,2	0	0	0,05 ± 0,005
Кайеркан	Город	32,2 ± 1,3	48,7 ± 4,3	7,25 ± 1,2	0,4 ± 0,05	0,32 ± 0,1
	Фон	24,9 ± 10,0	25,8 ± 8,2	4,0 ± 0,3	0,5 ± 0,1	0,01 ± 0,002
Оганер	Город	22,0 ± 9,3	35,7 ± 7,5	5,4 ± 0,2	0,04 ± 0,01	0
	Фон	13,2 ± 1,5	26,2 ± 2,2	0	0	0,05 ± 0,005
Талнах	Город	18,6 ± 5,3	43,5 ± 4,9	0,4 ± 0,02	39,1 ± 13,1	1,3 ± 0,05
	Фон	28,8 ± 9,0	83,2 ± 12,2	0	7,7 ± 1,5	0,05 ± 0,005

Number of bacteria and microscopic fungi in urban soils

Object	Type	Bacteria				Microfungi, thous. CFU/g
		Saprotrophic	Oligotrophic	Coliform bacteria	Enterobacteria	
		thous. cells/g of soil		CFU/g of soil		
Norilsk	City	20.2±0.5	47.8±5.2	30.7±2.5	16.5±3.5	0.14±0.03
	BG	13.2±1.5	26.2±2.2	0	0	0.05±0.005
Kayerkan	City	32.2±1.3	48.7±4.3	7.25±1.2	0.4±0.05	0.32±0.1
	BG	24.9±10.0	25.8±8.2	4.0±0.3	0.5±0.1	0.01±0.002
Oganer	City	22.0±9.3	35.7±7.5	5.4±0.2	0.04±0.01	0
	BG	13.2±1.5	26.2±2.2	0	0	0.05±0.005
Talnakh	City	18.6±5.3	43.5±4.9	0.4±0.02	39.1±13.1	1.3±0.05
	BG	28.8±9.0	83.2±12.2	0	7.7±1.5	0.05±0.005

Note. BG – background.

Численность микроскопических грибов в почвах районов Норильской агломерации достаточно низкая и изменялась от 0,14 до 2,60 тыс. КОЕ/г почвы, однако эти значения на 1–2 порядка превышали таковые в фоновой почве (0,01...0,05 тыс. КОЕ/г). Увеличение численности культивируемых бактерий и микроскопических грибов в городских почвах ранее отмечалось в работах других авторов, в т. ч. для северных городов [32, 33]. Вероятно, объекты зеленой инфраструктуры арктических городов формируют благоприятную нишу для развития почвенного микробного сообщества, как это ранее было показано по данным анализа микробного разнообразия и структуры микробного сообщества [34, 35].

Санитарно-гигиеническое состояние городских почв

Оценка санитарно-гигиенического состояния городских почв очень важна при проведении экологических исследований, так как наличие патогенных и условно патогенных для человека микроорганизмов может представлять потенциальную опасность для здоровья населения, в особенности для наиболее уязвимой ее части: детей дошкольного возраста, пожилых людей и людей с ослабленным иммунитетом.

По санитарно-гигиеническому состоянию городские почвы Норильской агломерации относились к категории умеренно опасных, за исключением района Оганер (допустимо чистые), тогда как фоновые были допустимо чистыми или чистыми. В городских почвах отмечено существенное увеличение групп условно патогенных бактерий (энтеробактерий и БГКП) по сравнению с фоновыми. Так, численность БГКП в разных районах Норильской агломерации изменялась от 5,4 до 47,3 КОЕ/г почвы, энтеробактерий от 0,04 до 16,50 КОЕ/г почвы, тогда как в фоне БГКП достигали максимальных значений 4,0 КОЕ/г, энтеробактерии — 7,7 КОЕ/г. Часто в фоновых почвах полностью отсутствовали бактерии, относящиеся к патогенным, что свидетельствует об их чистоте. В то же время увеличение доли условно патогенных микроорганизмов, как бактерий, так и микроскопических грибов, в городских почвах ранее уже отмечен рядом исследований [36—39].

Заключение

Норильская агломерация является интересным примером арктической городской экосистемы, поскольку характеризуется выраженной пространственной неоднородностью за счет выделения отдельных районов разной степени благоустроенности, обеспеченности зелеными насаждениями и уровнем антропогенной нагрузки. Это позволило нам провести комплексную оценку почвенных микробиологических показателей в районах исследования и сравнить их с фоновыми аналогами.

Выявлено, что городские почвы Норильской агломерации характеризовались низкими значениями микробной биомассы как по сравнению с фоновыми объектами, так и по сравнению с другими городами, расположенными в арктической зоне. При этом микробные сообщества обладали достаточной активностью, о чем свидетельствуют сопоставимые с фоном и другими регионами значения показателя базального дыхания. Несмотря на низкие значения микробной биомассы в отдельных районах выявлено увеличение функционального разнообразия сообществ по сравнению с фоновыми почвами. В городских почвах, как правило, преобладали микроорганизмы, способные разлагать легкодоступные соединения — углеводы и карбоксильные кислоты, но в то же время доля микроорганизмов, утилизирующих труднорастворимые соединения, на некоторых участках достигала 20 %.

В городских почвах выявлено увеличение численности культивируемых сапротрофных, олиготрофных бактерий и микроскопических грибов по сравнению с фоновыми, хотя фактические значения численности анализируемых групп микроорганизмов низкие. Санитарно-гигиеническое состояние городских почв агломерации оценено в большинстве случаев как умеренно опасное, отмечено

увеличение численности групп БГКП, энтеробактерий и оппортунистических микромицетов, что характерно для городских экосистем.

В целом, городские почвы Норильской агломерации имеют низкие значения количественных показателей микробных сообществ (численность культивируемых микроорганизмов, микробная биомасса), вероятно, из-за сочетания сурового климата и мощной антропогенной нагрузки развитой промышленности. Однако городская зеленая инфраструктура может формировать ниши для развития микроорганизмов, о чем свидетельствует увеличение численности культивируемых групп бактерий и микроскопических грибов в городских почвах по сравнению с фоном, высокая активность микроорганизмов, увеличение функционального разнообразия в отдельных районах. Полученные результаты еще больше подчеркивают важность разработки концепций озеленения и благоустройства городов Арктики с учетом комплексного подхода: анализ климатических условий, физико-химических свойств почв, подбор ассортимента растений и разработка технологий содержания и ухода за зелеными насаждениями.

Список литературы / References

1. Hugelius G, Strauss J, Zubrzycki S, Harden JW, Schuur EAG, Ping CL, et al. Estimated stocks of circumpolar permafrost carbon with quantified uncertainty ranges and identified data gaps. *Biogeosciences*. 2014;11(23):6573–6593. doi: 10.5194/bg-11-6573-2014.
2. Strauss J, Schirmer L, Grosse G, Fortier D, Hugelius G, Knoblauch C, et al. Deep Yedoma permafrost: A synthesis of depositional characteristics and carbon vulnerability. *Earth-Sci Rev*. 2017;172:75–86. doi: 10.1016/j.earscirev.2017.07.007
3. Blaud A, Lerch TZ, Phoenix GK, Osborn AM. Arctic soil microbial diversity in a changing world. *Research in microbiology*. 2015;166(10):796–813. doi: 10.1016/j.resmic.2015.07.013
4. Malard LA, Pearce DA. Microbial diversity and biogeography in Arctic soils. *Environmental microbiology reports*. 2018;10(6):611–625. doi:10.1111/1758-2229.12680
5. Lulakova P, Perez-Mon C, Santruckova H, Ruethi J, Frey B. High-alpine permafrost and active-layer soil microbiomes differ in their response to elevated temperatures. *Frontiers in microbiology*. 2019;10:668. doi: 10.3389/fmicb.2019.00668
6. Frossard A, De Maeyer L, Adamczyk M, Svenning M, Verleyen E, Frey B. Microbial carbon use and associated changes in microbial community structure in high-Arctic tundra soils under elevated temperature. *Soil Biology and Biochemistry*. 2021;162:108419. doi: 10.1016/j.soilbio.2021.108419
7. Son D, Lee EJ. Soil microbial communities associated with three arctic plants in different local environments in Ny-Alesund, Svalbard. *J Microbiol Biotechnol*. 2022;32(10):1275–1283. doi: 10.4014/jmb.2208.08009
8. Blume-Werry G, Klaminder J, Krab EJ, Monteux S. Ideas and perspectives: Alleviation of functional limitation by soil organisms is key to climate feedbacks from arctic soils. *Biogeosciences*. 2023;20:1979–1990. doi: 10.5194/bg-20-1979-2023
9. Pegoraro E, Mauritz M, Bracho R, Ebert C, Dijkstra P, Hungate BA, Konstantinidis KT, et al. Glucose addition increases the magnitude and decreases the age of soil respired carbon in a long-term permafrost incubation study. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019;129:201–211. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.10.009
10. Prater I, Zubrzycki S, Buegger F, Zoor-Füllgraff LC, Angst G, Dannenmann M, et al. From fibrous plant residues to mineral-associated organic carbon—the fate of organic matter in Arctic permafrost soils. *Biogeosciences*. 2020;17:3367–3383. doi: 10.5194/bg-17-3367-2020
11. Abakumov E, Petrov A, Polyakov V, Nizamutdinov T. Soil organic matter in urban areas of the Russian arctic: a review. *Atmosphere*. 2023;14(6):997. doi: 10.3390/atmos14060997
12. Sevastyanov DV, Isachenko TE, Guk EN. Norilsk region: from the peculiarities of nature to the practice of development. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*. 2014;(3):82–94. (In Russ.).
Севастьянов Д.В., Исаченко Т.Е., Гук Е.Н. Норильский регион: от природной специфики к практике освоения // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2014. Вып. 3. С. 82–94.

13. Ananyeva ND, Susyan EA, Chernova OV, Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia. *Euro J Soil Biol.* 2008;44(2):147–157. doi: 10.1016/j.ejsobi.2007.05.002
14. Campbell CD, Chapman SJ, Cameron CM, Davidson MS, Potts JM. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Appl Environ Microbiol.* 2003;69(6):3593–3599. doi: 10.1128/AEM.69.6.3593-3599.2003
15. Moscatelli MC, Secondi L, Marabottini R, Papp R, Stazi SR, Mania E, et al. Assessment of soil microbial functional diversity: land use and soil properties affect CLPP-MicroResp and enzymes responses. *Pedobiologia.* 2018;66:36–42. doi: 10.1016/j.pedobi.2018.01.001
16. Domsch KH, Gams W, Anderson TH. *Compendium of Soil Fungi.* 2nd ed. Ehing, Germany: IHW Verlag; 2007.
17. Seifert K, Morgan-Jones G, Gams W, Kendrick B. *The genera of Hyphomycetes.* Reus, Spain: Utrecht CBS; 2011.
18. De Hoog GS, Guarro J, Gene J, Ahmed S, Al-Hatmi AMS, Figueras MJ. *Atlas of Clinical Fungi.* 4th edition. Hilversum, Netherlands: Foundation Atlas of Clinical Fungi; 2020.
19. Satton D, Fotergill A, Rinaldi M. *Opredelitel' patogennykh i uslovno-patogennykh gribov* [Identifier of pathogenic and opportunistic fungi]. Moscow: Mir publ.; 2001. (In Russ.).
Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М.; Мир, 2001. 486 с.
20. Vasenev VI, Ananyeva ND, Makarov OA. Specific features of the ecological functioning of urban soils in Moscow and Moscow oblast. *Eurasian Soil Science.* 2012;(2):224–235. (In Russ.).
Васенев В.И., Ананьева Н.Д., Макаров О.А. Особенности эколого-гического функционирования кон-структоземов на территории Москвы и Московской области // Почвоведение. 2012. № 2. С. 224–235.
21. Ivashchenko KV, Ananyeva ND, Vasenev VI, Kuddeyarov VN, Valentini R. Biomass and respiration activity of soil microorganisms in anthropogenically transformed ecosystems (moscow region). *Eurasian Soil Science.* 2014;(9):1077–1088. (In Russ.). doi: 10.7868/S0032180X14090056
Иващенко К.В., Ананьева Н.Д., Васенев В.И., Кудеяров В.Н., Валентини Р. Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно преобразованных экосистемах (Московская область) // Поч-воведение. 2014. № 4. С. 892–903. doi:10.7868/S0032180X14090056
22. Ananyeva ND, Sushko SV, Ivashchenko KV, Vasenev VI. Soil microbial respiration in subtaiga and forest-steppe ecosystems of European Russia: field and laboratory approaches. *Eurasian Soil Science.* 2020;53(10):1492–1501. doi: 10.1134/S106422932010004X
23. Korneykova MV, Vasenev VI, Saltan NV, Slukovskaya MV, Soshina AS, Zavodskikh MS, et al. Analysis of CO₂ Emission from urban soils of the Kola Peninsula (European Arctic). *Eurasian Soil Science.* 2023;56(11):1653–1666. doi: 10.1134/S1064229323601749
24. Ananyeva ND, Blagodatskaya EV, Demkina TS. Estimating the resistance of soil microbial complexes to natural and anthropogenic impacts. *Eurasian Soil Science.* 2002;(5):580–587. (In Russ.).
Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. 2002. № 5. С. 580–587.
25. Anderson TH, Domsch KH. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biol Biochem.* 2010;42(12):2039–2043. doi: 10.1016/j.soilbio.2010.06.026
26. Insam H, Parkinson D, Domsch KH. Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry.* 1989;21(2):211–221. doi: 10.1016/0038-0717(89)90097-7
27. Emmerling C, Schloter M, Hartmann A, Kandeler E. Functional diversity of soil organisms — a review of recent research activities in Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* 2002;165(4):408–420. doi: 10.1002/1522--2624(200208)165:4<408::AID-JPLN408>3.0.CO;2-3
28. Zak JC, Willig MR, Moorhead DL, Wildman HG. Functional diversity of microbial communities: A quantitative approach. *Soil Biology and Biochemistry.* 1994;26(9):1101–1108. doi: 10.1016/0038-0717(94)90131-7
29. Brodsky OL, Shek KL, Dinwiddie D, Bruner SG, Gill AS, Hoch JM, et al. Microbial communities in bioswale soils and their relationships to soil properties, plant species, and plant physiology. *Frontiers in Microbiology.* 2019;10:2368. doi: 10.3389/fmicb.2019.02368
30. Han X, Wang R, Guo W, Pang X, Zhou J, Wang Q, et al. Soil microbial community response to land use and various soil elements in a city landscape of north China. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(73):16554–16565. doi: 10.5897/AJB10.1682

31. Tresh S, Moretti M, Le Bayon RC, Mader P, Zanetta A, Frey D, et al. Urban soil quality assessment — A comprehensive case study dataset of urban garden soils. *Frontiers Environ Sci*. 2018;6:136. doi: 10.3389/fenvs.2018.00136
32. Artamonova VS. *Mikrobiologicheskie osobennosti antropogenno preobrazovannykh pochv Zapadnoi Sibiri* [Microbiological features of anthropogenically transformed soils of Western Siberia]. Novosibirsk; 2002. (In Russ.).
- Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.
33. Lysak LV, Lapygina EV. The diversity of bacterial communities in urban soils. *Eurasian Soil Science*. 2018;(9):1108—1114. (In Russ.). doi: 10.1134/S0032180X18090071
- Лысак Л.В., Лапыгина Е.В. Разнообразие бактериальных сообществ городских почв // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1108—1114. doi: 10.1134/S0032180X18090071
34. Korneykova MV, Vasenev VI, Nikitin DA, Soshina AS, Dolgikh AV, Sotnikova YL. Urbanization Affects soil microbiome profile distribution in the Russian arctic region. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11665. doi: 10.3390/ijerph182111665
35. Korneykova MV, Vasenev VI, Nikitin DA, Dolgikh AV, Soshina AS, Myazin VA, et al. Soil microbial community of urban green infrastructures in a polar city. *Urban Ecosyst*. 2022;25:1399—1415. doi: 10.1007/s11252-022-01233-8
36. Turchanovskaya NS, Bogdanova OY. Microbiological study of the soil of the city of Murmansk. *Advances in current natural sciences*. 2011;(8):72. (In Russ.).
- Турчановская Н.С., Богданова О.Ю. Микробиологическое исследование почвы города Мурманска // Успехи современного естествознания. 2011. № 8. С. 72.
37. Peretrukhina AT. Sanitary and microbiological studies of soils in Murmansk and Murmansk region. *International Journal of Experimental Education*. 2011;(6):14—16. (In Russ.).
- Перетрухина А.Т. Санитарно-микробиологические исследования почв в г. Мурманске и Мурманской области // Международный журнал экспериментального образования. 2011. № 6. С. 14—16.
38. Marfenina OE, Kulko AB, Ivanova AE, Sogonov MV. The microfungus communities in the urban outdoor environment. *Mycology and phytopathology*. 2002;36(4):22—32. (In Russ.).
- Марфенина О.Е., Кулько А.Б., Иванова А.Е., Согонов М.В. Мик-роскопические грибы во внешней среде города // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36. № 4. С. 22—32.
39. Stoma GV, Manucharova NA, Belokopytova NA. Biological activity of microbial communities in soils of some Russian cities. *Eurasian Soil Science*. 2020;53:760—771. doi: org/10.1134/S1064229320060125

Об авторах:

Корнейкова Мария Владимировна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник центра «Смарт технологии устойчивого развития городской среды в условиях глобальных изменений», заместитель директора по научной работе Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 6; e-mail: korneykova.maria@mail.ru
ORCID: 0000-0002-6167-1567 SPIN-код: 8258-4976

Салтан Наталья Владимировна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории декоративного цветоводства и озеленения, Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр» Российской Академии наук, Российская Федерация, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, мкрн. Академгородок, д. 18а; e-mail: saltan.natalya@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5905-9774 SPIN-код: 6405-0697

Козлова Екатерина Витальевна — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник центра «Смарт технологии устойчивого развития городской среды в условиях глобальных изменений» Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо Маклая д. 6; e-mail: kozlova-ev@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-4325-6930 SPIN-код: 8210-3343

Васильева Мария Николаевна — лаборант-исследователь центра «Смарт технологии устойчивого развития городской среды» в условиях глобальных изменений Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 6; e-mail: vasilyeva-mn@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-3142-3781 SPIN-код: 9356-2089

Давыдова Полина Денисовна — лаборант центра «Смарт технологии устойчивого развития городской среды в условиях глобальных изменений» Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 6; e-mail: davydova-pd@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-3127-8334

Бережной Егор Дмитриевич — лаборант центра «Смарт технологии устойчивого развития городской среды в условиях глобальных изменений» Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 6; e-mail: berezhnoy_ed@pfur.ru

About the authors:

Korneykova Maria Vladimirovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Center for Smart Technologies for Sustainable Development of the Urban Environment under the Global Change, Deputy Director for Research, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st. Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: korneykova.maria@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6167-1567 SPIN-code: 8258-4976

Saltan Natalia Vladimirovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Decorative Floriculture and Landscaping, Polar Alpine Botanical Garden-Institute — Subdivision of the Federal Research Centre, Kola Science Centre of Russian Academy of Sciences, 18a Akademgorodok microdistrict, Apatity, Murmansk Region, 184209, Russian Federation; e-mail: saltan.natalya@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5905-9774 SPIN-code: 6405-0697

Kozlova Ekaterina Vitalievna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Center for Smart Technologies for Sustainable Development of the Urban Environment under the Global Change, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st. Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: kozlova-ev@rudn.ru

ORCID 0000-0003-4325-6930 SPIN-code: 8210-3343

Vasilyeva Maria Nikolaevna — Laboratory Research Assistant, Center for Smart Technologies for Sustainable Development of the Urban Environment under the Global Change, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st. Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: vasilyeva-mn@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-3142-3781 SPIN-code: 9356-2089

Davydova Polina Denisovna — Laboratory Assistant, Center for Smart Technologies for Sustainable Development of the Urban Environment under the Global Change, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st. Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: davydova-pd@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-3127-8334

Berezhnoi Egor Dmitrievich — Laboratory Assistant, Center for Smart Technologies for Sustainable Development of the Urban Environment under the Global Change, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st. Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: berezhnoy_ed@pfur.ru



DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

УДК 631.427.3

EDN BWZLPN

Научная статья / Research article

Влияние составов легких почвогрунтов на вегетацию растений

А.Э. Юницкий^{id}, Н.С. Зыль^{id}, М.И. Цырлин^{id}✉,
А.М. Павлюченко^{id}, М.М. Парфенчик^{id}

Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь
✉ m.tsirlin@unitsky.com

Аннотация. Снижение плотности растительного субстрата становится важным компонентом для получения качественной продукции. Если данное свойство почвы не имеет существенного значения для выращивания культур на поле, то при использовании специально подготовленного субстрата для культивирования растений при организации различного рода многоярусных теплиц, экопоселений с садами на крышах, частных биодомов оно играет важную роль. Такая особенность обусловлена следующим: чем больше плотность применяемого субстрата, тем большую прочность нужно закладывать при проектировании несущей конструкции объектов и тем больше материалов потребуется, а значит, тем выше будет стоимость постройки. По указанным причинам активно исследуется вопрос создания легкого, но в то же время плодородного субстрата для высадки растений, который позволит получать экологически безопасную растительную продукцию и при этом будет иметь невысокую плотность относительно природной почвы. Рассмотрены возможные варианты состава облегченного субстрата на основе минеральных компонентов (перлита, керамзита) и биогумуса, пригодного для роста и развития растений. Описан эксперимент, касающийся изучения влияния легкого почвогрунта на растительные культуры. В качестве исследуемого легкого почвогрунта выступал перлит с добавлением биогумуса. Для внекорневой подкормки использовалась органическая комплексная подкормка для растений uTerra. В качестве оптимального варианта легкого почвогрунта определен перлит с добавлением 10 % (по объему) рассыпчатого биогумуса uTerra.

Ключевые слова: технологии выращивания растений, минеральные наполнители, перлит, биогумус, урожайность

Вклад авторов: Юницкий А.Э. — концепция и дизайн исследования; Зыль Н.С. — сбор и обработка материалов; Цырлин М.И. и Павлюченко А.М. — анализ полученных данных, написание текста; Парфенчик М.М. — проведение опыта.

© Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Цырлин М.И., Павлюченко А.М., Парфенчик М.М., 2024



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

Заявление о конфликте интересов. Автор Юницкий А.Э. является владельцем компании КФХ Юницкого, производящей биогумус uTerra, почвогрунт UniTerra, подкормку для растений uTerra.

Финансирование. За счет собственных средств организации.


История статьи: поступила в редакцию 17.10.2023; принята к печати 11.06.2024.

Для цитирования: Юницкий А.Э., Зиль Н.С., Цырлин М.И., Павлюченко А.М., Парфенчик М.М. Влияние составов легких почвогрунтов на вегетацию растений // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 447–458. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

Influence of plant soil mixtures on plant vegetation

Anatoly E. Unitsky , Nikifor S. Zyl , Mikhail I. Tsyrlin  ,
Aleksandr M. Pavliuchenko , Mikhail M. Parfenchik 

Unitsky String Technologies Inc., Minsk, Belarus

 m.tsirlin@unitsky.com

Abstract. The study was focused on investigating the effect of composition of light soil on vegetation of lettuce plants. Nowadays, reducing the density of plant substrates is becoming an important component for obtaining quality products. This soil property is not so essential for growing crops in the field. But using a specially prepared substrate for cultivating plants in various types of multi-tier greenhouses, eco-villages with roof gardens, and private bio-domes, it is important. This feature is due to the following: the higher the density of the applied substrate, the greater the strength that needs to be considered when designing the supporting structure of objects and the more materials will be required. This means that the cost of construction will be higher. Therefore, the issue of creating a light, but at the same time fertile substrate for plants, which will allow obtaining environmentally friendly plant products and at the same time will have a low density relative to natural soil, is currently being actively studied. The light soil tested was perlite with addition of biohumus. For foliar feeding, uTerra organic complex was used. It was determined that the best variant for light soil was perlite with addition of 10% (by volume) of uTerra crumbly biohumus. Thus, the article discusses current issues of structure of fertile soil, possible options for composition of a lightweight substrate based on mineral components (perlite, expanded clay) and biohumus suitable for growth and development of plants. In addition, the experiment concerning the study of the influence of light soil on plant crops was described, conclusions are drawn and its results were substantiated. The final part summarizes the work done and outlines its future prospects.

Keywords: plant growing technologies, mineral fillers, perlite, biohumus, yield

Author contributions. Yunitskiy A.E. conceived and designed the experiments; Zyl N.S. collected and processed materials; Tsyrlin M.I. and Pavlyuchenko A.M. analyzed the data, wrote the paper; Parfenchik M.M. performed the experiments.

Conflicts of interest. Yunitskiy A.E. is the owner of 'KFH Yunitskogo' company, which produces uTerra biohumus, UniTerra soil, and uTerra fertilizing.

Funding. The research was supported by own funds.

Article history: Received: 17 October 2023. Accepted: 11 June 2024.

For citation: Unitsky AE, Zyl NS, Tsyrlin MI, Pavliuchenko AM, Parfenchik MM. Influence of plant soil mixtures on plant vegetation. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3)19(3):447–458. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-447-458

Введение

Достаточно актуальна проблема создания почвогрунтов, потребность в которых растет с каждым годом [1—3]. Стандартные торфо-песчаные-черноземные смеси в различных соотношениях изначально не подходят некоторым экзотическим растениям, могут содержать вредителей, а также не пригодны для многолетнего выращивания культур, так как в процессе роста и развития растения синтезируют органические вещества и выносят элементы минерального питания из почвы [4]. Следовательно, корнеобитаемый слой культурных растений должен быть богат минеральными элементами и способным поддерживать постоянство состава за счет медленного высвобождения питательных элементов [5]. Однако стоит учитывать то, что чрезмерное насыщение питательными биогенными элементами приводит к замедлению роста и гибели растений. Таким образом, необходимо либо возвращать питательные элементы обратно в почву, либо использовать оптимальные, рассчитанные конкретно под определенную культуру показатели плодородия для постоянного произрастания многолетнего растения [6]. Современный почвогрунт также должен обладать высокой воздухопроницаемостью и определенными физико-механическими свойствами для сохранения почвенной влаги, чтобы вода могла беспрепятственно проходить вглубь почвы, не стекая по поверхности, и удерживаться внутри [7].

Для получения растительной продукции применяют различные технологии: на тяжелом и легком почвогрунте, гидро- и аэропонику [8]. Наиболее распространенным методом выращивания сельскохозяйственных культур, декоративных и лекарственных растений остается выращивание на тяжелом грунте. Однако использование легких почвогрунтов наиболее перспективно в замкнутых космических экосистемах, таких как ЭкоКосмоДом, при озеленении крыш (снижается нагрузка на перекрытия зданий), а также внутри помещений, в оранжереях, многоярусных теплицах благодаря ряду преимуществ — малый удельный вес, высокая аэрация корневой системы растений, высокая влагоемкость, удобство использования [9]. Такие почвогрунты состоят:

- из легких минеральных наполнителей;
- минералов, выступающих источниками макро-, микро- и ультрамикроэлементов;
- органической части, которая включает в себя гуминовые вещества и сообщества агрономически ценных аэробных и анаэробных микроорганизмов.

К недостаткам выращивания в легких почвогрунтах можно отнести необходимость тщательного подбора состава и его контроль, а также несколько большую стоимость, чем у почвогрунтов, не проходящих дополнительную обработку [10].

Наполнителем почвогрунта могут выступать вермикулит, керамзит, шлаки [11]. К недостаткам таких наполнителей относятся высокая стоимость и возможное закисление или защелачивание почвы впоследствии. Наиболее перспективным минеральным наполнителем выступает вспученный перлит. Он обеспечивает низкую плотность субстрата, воздухопроницаемость, высокую влагоемкость. При этом вспученный перлит способен отдавать влагу корням растений через капилляры, которые при поливе ее накапливают [12].

Почвогрунт на основе вспученного перлита позволяет выращивать органическую растительную продукцию, контроль которой можно производить периодически. Такой почвогрунт может использоваться до 20 циклов вегетации растений (с добавлением органических подкормок при необходимости), после чего требуется производить добавление 10...20 % материала. Вспучивание перлита протекает при температурах около 900...1100 °С, что приводит к отсутствию в нем вредителей и сорняков [13].

Анализ открытых научных источников [14—17] свидетельствует о широком поле для исследований влияния состава легкого почвогрунта на урожайность растительных культур и качества растительной продукции.

Цель исследования — усовершенствование состава легкого, но в то же время плодородного субстрата для высадки растений, который позволит получать экологически безопасную одно- и многолетнюю продукцию широкого спектра растений и при этом иметь невысокую плотность относительно природной почвы, установление оптимального соотношения минерального наполнителя и органического компонента в почвогрунте.

Материалы и методы исследования

В эксперименте по выращиванию растительных культур использовали легкие почвогрунты, в качестве минерального наполнителя — вспученный перлит и керамзит, органическими наполнителями в различных опытах выступали биогумус и Terra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого), рассыпчатый органический почвогрунт UniTerra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого), органическая комплексная подкормка для растений и Terra (производитель: Республика Беларусь, КФХ Юницкого, номер государственной регистрации 11-07-0056) [4].

В 2021 г. были проведены предварительные испытания легких почвогрунтов для выращивания растений (однолетних — мята и многолетних — лимон, кумкват, банан). Составы почвогрунтов приведены в табл. 1.

Легкие почвогрунты

№ состава	Объем перлита, %	Объем керамзита, %	Объем биогумуса uTerra, %	Объем почвогрунта UniTerra, %
1	0	100	5*	5
2	50	50	5	5
3	100	0	5	5

Примечание. * Биогумус uTerra и гумус UniTerra имеют мелкую фракцию, которая распределяется между частицами минерального материала. Таким образом, общий объем почвогрунта при добавлении 10 % органической части остается прежним – 100 %.

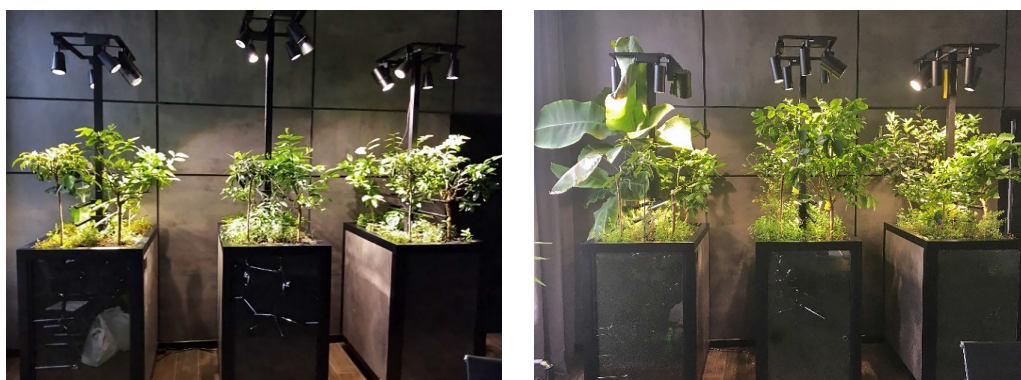
Table 1

Light soils

No. of soil mix	Perlite, %	Expanded clay, %	uTerra biohumus, %	UniTerra soil, %
1	0	100	5*	5
2	50	50	5	5
3	100	0	5	5

Note. * uTerra Biohumus and UniTerra humus have fine fraction which is distributed between particles of mineral material. Thus, the total volume of soil with addition of 10% of organic part remains the same – 100%.

Многолетние растения, которые выращивались с применением легких почвогрунтов на основе керамзита, перлита и их смеси, продолжают вегетировать (рис. 1). Прирост citrusовых растений за 2 года (с 07.2021 по 07.2023 г.) составляет: кумкват с 40 до 65 см (25 см); лимоны с 45 до 65 см (20 см); прирост банана с 40 до 120 см (80 см). Несмотря на вынос питательных веществ однолетними растениями, лимон и кумкват вышли в стадию плодоношения.



а

б

Рис. 1. Культивирование растений на легких почвогрунтах: а – 2021 г.; б – 2023 г.

Источник: выполнена фотофиксация растений М.М. Парфенчиком

Fig. 1. Cultivation of plants on light soils: a – 2021; б – 2023

Source: created by M.M. Parfenchik

В 2023 г. был поставлен опыт с однолетними растениями: в качестве объекта исследования были использованы растения салата латука (*Lactuca sativa* L.). Данный тест-объект был выбран из-за его хозяйственной ценности, короткого жизненного цикла и средних размеров, которые способствуют лучшей визуализации действия экспериментального почвогрунта.

Варианты эксперимента различались содержанием биогагмуса и Terra: 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 и 15,0 % от общего объема. Плотность почвогрунтов составила соответственно 380; 386; 392; 398; 404 и 410 кг/м³. Каждый эксперимент с различным содержанием биогагмуса воспроизводили в двенадцатикратной повторности. Семена растения салата-латука высевались в равном количестве в каждый вариант легкого почвогрунта (рис. 2).

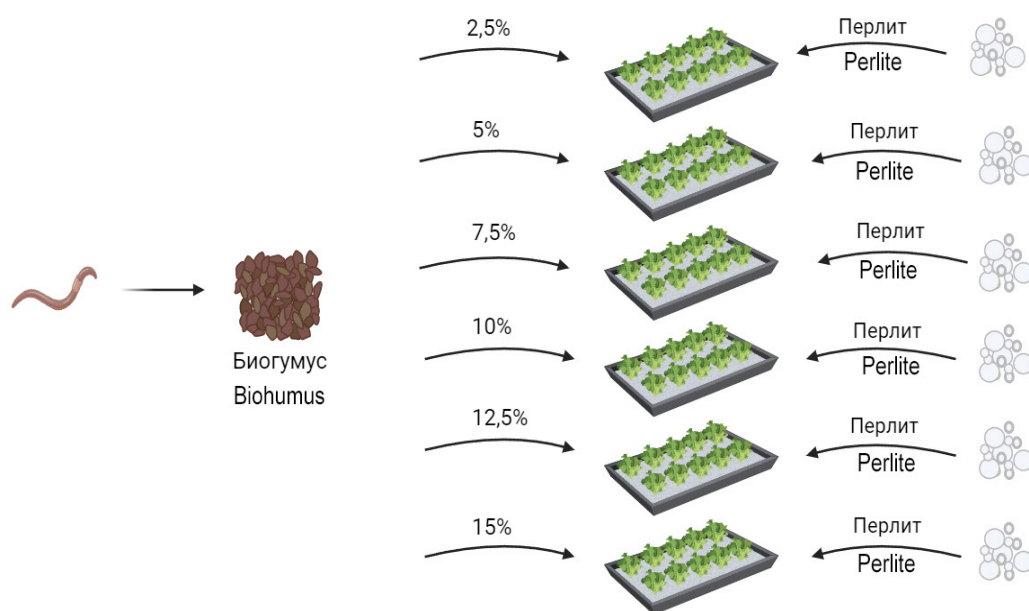


Рис. 2. Схема эксперимента по воздействию легких грунтов на основе перлита с добавлением биогагмуса на ростовые и физиологические показатели *Lactuca sativa* L.

Источник: выполнено составление схемы А.М. Павлюченко в приложении BioRender

Fig. 2. Experimental scheme for the effect of light soils based on perlite with addition of biohumus on growth and physiological parameters of *Lactuca sativa* L.

Source: created by A.M. Pavlyuchenko in BioRender

После посева поддоны с растениями переносили в камеру роста с температурой +25 °С, интенсивностью освещения 5000 люкс и 10-часовым фотопериодом. Полив производили по мере подсыхания субстрата, включая полив органической комплексной подкормкой для растений и Terra [4] раз в 10 дней из расчета 10 мл на 1 л рабочего раствора. Спустя 3 сут. регистрировали первые всходы. Измерения роста листьев проводили каждые 7...10 сут.

Результаты исследования и обсуждение

Растения салата проявляли более активный рост с увеличением концентрации биогуруса uTerra. Бактериальной (патогенной) нагрузки не наблюдалось, рост апикальных меристем без патологий. Все растения быстро развивали розетку листьев, после наступления фазы 4-х настоящих листьев наблюдалась дифференциация роста по вариантам опыта, наилучшие показатели по биомассе были зафиксированы начиная с добавления 10 % биогуруса (рис. 3).

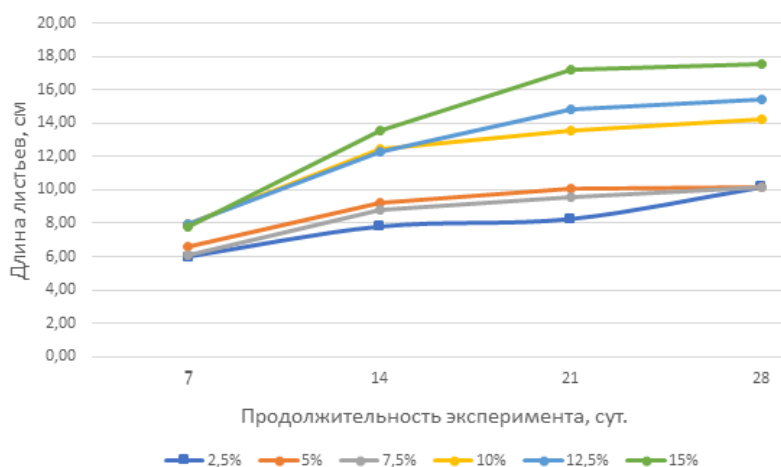


Рис. 3. Рост и развитие растений салата на экспериментальных вариантах легкого грунта с добавлением биогуруса

Источник: выполнено построение MS Excel графиков А.М. Павлюченко

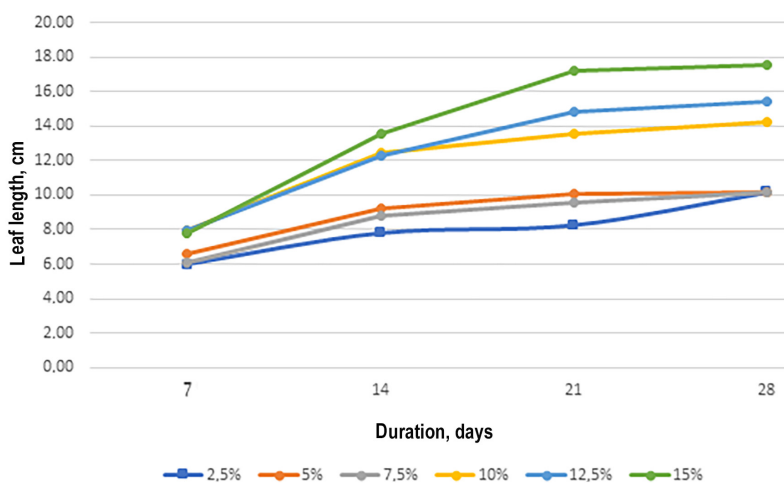


Fig. 3. Growth and development of lettuce plants on experimental variants of light soil with addition of biohumus

Source: created by A.M. Pavlyuchenko using MS Excel

Количество нитратов во всех вариантах находилось в пределах допустимой нормы (допустимый уровень по СанПиН 2000...3000 мг/кг).

При выращивании растений салата латука основные морфометрические показатели развития были значительно выше для вариантов легких почв с концентрацией биогадуса начиная с 10 %. Наблюдалась положительная прогрессия скорости роста, количества междоузлий и итоговой длины растений с увеличением экспериментальной концентрации. Отклонение было зафиксировано для параметра средней биомассы растения. Так, для варианта с 10 % биогадуса биомасса составила 65 г, 12,5 % — 60,8 г, 15 % — 58,6 г, что может являться статистической погрешностью (табл. 2).

Таблица 2

Результаты роста и развития растений салата на легких грунтах

Содержание биогадуса, %	Скорость роста, см/сут.	Средняя сырая масса, г	Нитраты, мг/кг	Среднее количество междоузлий, шт.
2,5	0,36	11,68	171,80	5,60
5,0	0,36	37,77	257,28	7,00
7,5	0,36	54,40	212,00	8,33
10,0	0,51	65,00	448,68	9,33
12,5	0,55	60,80	504,24	9,31
15,0	0,63	58,60	581,04	10,10

Table 2

Results of growth and development of lettuce plants on light soils

Biohumus content, %	Growth rate, cm/day	Average fresh weight, g	Nitrates, mg/kg	Average number of internodes
2.5	0.36	11.68	171.80	5.60
5.0	0.36	37.77	257.28	7.00
7.5	0.36	54.40	212.00	8.33
10.0	0.51	65.00	448.68	9.33
12.5	0.55	60.80	504.24	9.31
15.0	0.63	58.60	581.04	10.10

Визуально более крупные листья и большая площадь покрытия у растений с вариантом концентрации 10 % (рис. 4).

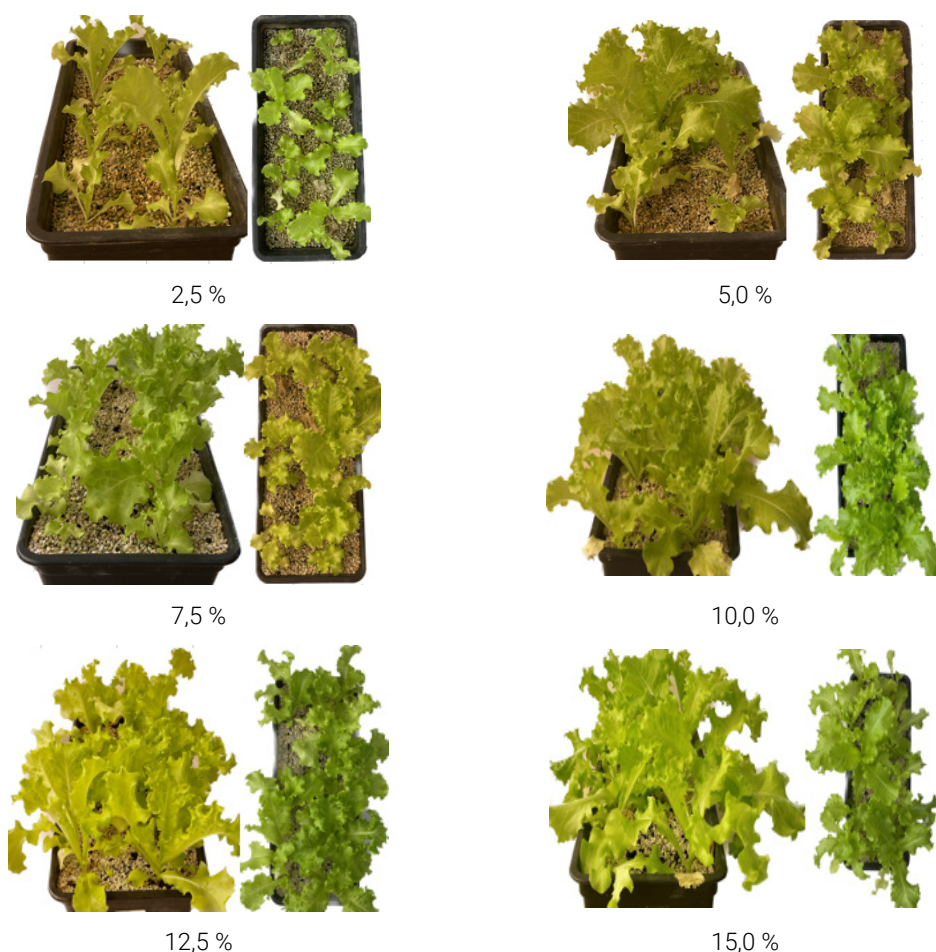


Рис. 4. Рост и развитие растений салата-латука на легком грунте с добавлением биогуруса в разной концентрации

Источник: выполнена фотофиксация М.М. Парфенчиком

Fig. 4. Growth and development of lettuce plants on light soil with addition of biohumus in different concentrations

Source: created by M.M. Parfenchik

Заключение

На основании результатов опыта можно сделать вывод о том, что лучшим вариантом легкого почвогрунта является перлит с добавлением 10 % биогуруса, так как дальнейшее повышение концентрации биогуруса не приводит к серьезному изменению биомассы растений, но при этом может теоретически приводить к избытку питательных элементов. Накопления нитратов в растительной продукции при использовании рассыпчатого биогуруса uTerra и органической комплексной подкормки uTerra не наблюдается. Большая концентрация биогуруса uTerra приводит к увеличению числа междоузлий растений, но растения выглядят вытянутыми с мелкой листовой пластиной. Легкий почвогрунт на основе биогуруса uTerra

при применении почвенного эликсира *uTeга* позволит получать экологически безопасную растительную продукцию и при этом использовать преимущества легкого субстрата относительно природной почвы. В дальнейшем планируется продолжить исследование с целью анализа полученной таким образом продукции на накопление сахаров и витамина С.

Список литературы

1. Якобюк Л.И., Еремин Д.В., Еремин М.Д. Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия черноземных почв // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 360—365.
2. Davis M.J.M., Tenpierik M.J., Ramírez F.R., Pérez M.E. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants // Building and Environment. 2017. Vol. 116. P. 64—72. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010
3. Li Y., Li Zh., Cui S., Zhang Q. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture // Geoderma. 2020. Vol. 361. P. 99—144. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.114099
4. Callaway R.M., Thelen G.C., Rodriguez A., Holben W.E. Soil biota and exotic plant invasion // Nature. 2004. Vol. 427. № 6976. P. 731—733. doi: 10.1038/nature02322
5. Шевцов Н.М. Влияние различных природных и антропогенных мероприятий на накопление углерода (и других элементов минерального питания растений) в почвах современного богарного и орошаемого земледелия // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2015. № 9. С. 27—42.
6. Shah K.K., Modi B., Pandey H.P., Subedi A., Aryal G., Pandey M., Shrestha J. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production // Advances in Agriculture. 2021. Vol. 2021. P. 1—9. doi: 10.1155/2021/8924087
7. Маштаков Д.А., Гольши Е.А., Филатов В.Н., Пищина Е.А. Применение различных субстратов для укоренения черенков древесно-кустарниковых растений при контейнерном выращивании // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. 2021. С. 517—519.
8. Srivani P., Manjula S.H. A controlled environment agriculture with hydroponics: variants, parameters, methodologies and challenges for smart farming // 2019 Fifteenth International Conference on Information Processing (ICINPRO). IEEE, 2019. С. 1—8. doi: 10.1109/ICInPro47689.2019.9092043
9. Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Парфенчик М.М., Бойко Е.Г. Разработка состава почвогрунта для замкнутой экосистемы в космическом пространстве // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов III Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 12 сентября 2020. С. 412—423.
10. Юницкий А.Э., Костеневич А.А., Зыль Н.С., Парфенчик М.М., Конёк Д.А. Плодородие и физико-химические показатели легких «космических» почвогрунтов для ЭкоКосмоДома // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов IV Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 18 сентября 2021. С. 313—327.
11. Юницкий А.Э., Зыль Н.С., Парфенчик М.М., Павлюченко А.А. Перспективные составы и способы производства легких почвогрунтов для ЭкоКосмоДома // Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты : сб. материалов V Межд. науч.-техн. конф. Марьяна Горка, 23–24 сентября 2022. С. 250—262.
12. Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т., Вахабова В.Э. Перспективы использования перлита в сельском хозяйстве // Современные тенденции развития науки и технологий. 2005. № 3. С. 60—63.
13. Волохова О.А., Майданников Н.А. Применение перлита в сельском хозяйстве // Наука и молодежь : сб. науч. тр. Вып. 3: Инновации в современном агропромышленном комплексе. Новочеркасск : НИМИ ДГАУ, 2016. С. 9—11.
14. Olle M., Ngouajio M., Siomos A. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review // Agriculture. 2012. Vol. 99. № 4. P. 399—408.
15. Xue A.G. Biological control of pathogens causing root rot complex in field pea using *Clonostachys rosea* strain ACM941 // Phytopathology. 2003. Vol. 93. № 3. P. 329—335.
16. Draghici E.M., Scarlat V., Pele M., Postamentel M., Somăcescu C. Usage of perlite in polluted sandy soils for potato crop // Revista de chimie. 2016. Vol. 67. № 11. P. 2281—2286.

17. Inden H., Torres A. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes // International Symposium on Growing Media and Hydroponics 644. 2001. P. 205—210. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.644.27

References

1. Yakobyuk LI, Eremina DV, Eremin MD. The development of an artificial soil using an optimization model of black soil fertility. *Agro-industrial Complex of Russia*. 2017;24(2):360—365. (In Russ.).
2. Davis MJM, Tenpierik MJ, Ramírez FR, Perez ME. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. *Building and Environment*. 2017;116:64—72. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010
3. Li Y, Li Z, Cui S, Zhang Q. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture. *Geoderma*. 2020;361:114099. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.114099
4. Callaway RM, Thelen GC, Rodriguez A, Holben WE. Soil biota and exotic plant invasion. *Nature*. 2004;427:731—733. doi: 10.1038/nature02322
5. Shevtsov NM. Impact of various natural and anthropogenic activities on carbon accumulation (and other elements of mineral nutrition of plants) in the soils of modern rainfed and irrigated agriculture. *Sel'skokhozyaistvennyye nauki i agropromyshlennyyi kompleks na rubezhe vekov*. 2015;(9):27—42. (In Russ.).
6. Shah KK, Modi B, Pandey HP, Subedi A, Aryal G, Pandey M, et al. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production. *Advances in Agriculture*. 2021;2021(1):8924087. doi: 10.1155/2021/8924087
7. Mashtakov DA, Golysh EA, Filatov VN, Pishchina EA. The use of various substrates for rooting cuttings of trees and shrubs during container cultivation. In: *Innovations in environmental management and protection in emergency situations: conference proceedings*. Saratov; 2021. p.517—519. (In Russ.).
8. Srivani P, Manjula SH. A controlled environment agriculture with hydroponics: variants, parameters, methodologies and challenges for smart farming. In: *2019 Fifteenth International Conference on Information Processing (ICINPRO)*. Bengaluru, India: IEEE; 2019. p.1—8. doi: 10.1109/ICInPro47689.2019.9092043
9. Unitsky AE, Kostenevich AA, Parfenchik MM, Bojko EG. Development of soil composition for a closed ecosystem in outer space. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2021. p.412—423. (In Russ.).
10. Unitsky AE, Kostenevich AA, Zyl NS, Parfenchik MM, Konyok DA. Fertility and physical and chemical indicators of light “cosmic” soils for EcoCosmoHouse. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2021. p.313—330. (In Russ.).
11. Unitsky AE, Zyl NS, Parfenchik MM, Pavlyuchenko AA. Advanced compositions and methods for production of light soils for EcoCosmoHouse. In: *Non-Rocket Near Space Industrialization: Problems, Ideas, Projects: conference proceedings*. Minsk; 2023. p.250—262. (In Russ.).
12. Salakhov MS. Prospects for using perlite in agriculture. *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. 2005;(3—2):60—63. (In Russ.).
13. Volokhova OA, Majdannikov NA. Use of perlite in agriculture. *Science and youth: conference proceedings*. Novocherkassk; 2016. p.9—11. (In Russ.).
14. Olle M, Ngouajio M, Siomos A. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. *Agriculture*. 2012;99(4):399—408.
15. Xue AG. Biological control of pathogens causing root rot complex in field pea using *Clonostachys rosea* strain ACM94. *Phytopathology*. 2003;93(3):329—335. doi: 10.1094/PHYTO.2003.93.3.329
16. Draghici EM, Scarlat V, Pele M, Postamentel M, Somacescu C. Usage of perlite in polluted sandy soils for potato crop. *Revista de chimie*. 2016;67(11):2281—2286.
17. Inden H, Torres A. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. In: *International Symposium on Growing Media and Hydroponics 644*. 2001. p.205—210. doi: 10.17660/ActaHortic.2004.644.27

Об авторах:

Юницкий Анатолий Эдуардович — генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: a@unitsky.com

ORCID: 0000-0003-1574-3539

Зиль Никифор Сергеевич — начальник отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: n.zil@unitsky.com

ORCID: 0009-0009-4591-8628

Цырлин Михаил Иосифович — кандидат технических наук, ведущий специалист, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-2983-3255 SPIN-код: 9548-6321

Павлюченко Александр Михайлович — эколог отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная, д. 33; e-mail: a.pavlyuchenko@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-7532-7281 SPIN-код: 4824-5428

Парфенчик Михаил Михайлович — агроном отдела биотехнологий, ЗАО «Струнные технологии», Республика Беларусь, 220089, г. Минск, ул. Железнодорожная д. 33; e-mail: m.parfenchik@unitsky.com
ORCID: 0009-0006-7656-463X

About authors:

Unitsky Anatoly Eduardovich — General Designer, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: a@unitsky.com
ORCID: 0000-0003-1574-3539

Zyl Nikifor Sergeevich — Head of the Biotechnology Department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: n.zil@unitsky.com
ORCID: 0009-0009-4591-8628

Tsirlin Mikhail Iosifovich — Candidate of Technical Sciences, Leading specialist, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-2983-3255 SPIN-code: 9548-6321

Pavlyuchenko Aleksandr Mikhailovich — Ecologist, Biotechnology department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: a.pavlyuchenko@unitsky.com
ORCID: 0000-0002-7532-7281 SPIN-code: 4824-5428

Parfenchik Mikhail Mikhailovich — Agronomist, Biotechnology Department, Unitsky String Technologies Inc., 33 Zheleznodorozhnaya st., Minsk, 220089, Republic of Belarus; e-mail: m.parfenchik@unitsky.com
ORCID: 0009-0006-7656-463X



Защитное лесоразведение Protective afforestation

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-459-467

УДК 630

EDN CAJTVP

Научная статья / Research article

Влияние гидрологического режима на посадки дуба черешчатого *Quercus robur* L. в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы

А.А. Баканева Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Российская Федерация

✉ solnce5508@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены различные способы посадки дуба черешчатого (*Quercus robur* L.): желудями, саженцами (однолетними и двулетними) — на опытных участках Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) Астраханской области, Черноярский район, село Соленое Займище, со следующими вариантами гидрологических условий: долгопоемный, краткопоемный, незаливной. Леса Астраханской области испытывают большие нагрузки природного и антропогенного происхождения, что приводит к процессу деградации лесного фитоценоза, поэтому такие исследования актуальны для региона. Цель исследования — изучить способы посадки дуба черешчатого (*Quercus robur*) различным посадочным материалом, в т. ч. желудями, однолетними и двулетними саженцами, в пойменных условиях реки Волга в пределах села Соленое Займище. Полученные данные были обработаны методом дисперсионного анализа Б.А. Доспехова (2014) с применением программы Microsoft Excel. По результатам трехлетних исследований (2021—2023 гг.) в почвенно-климатических условиях ВАП на долгопоемном участке на посадках двулетними саженцами была отмечена самая высокая сохранность (56%), которая превысила остальные варианты в 4–5 раз.

Ключевые слова: желуды дуба черешчатого, однолетние саженцы дуба черешчатого, двулетние саженцы дуба черешчатого, сохранность, гидрологические условия

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

© Баканева А.А., 2024

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

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме: «Разработать научно обоснованные агрофитомелиоративные технологии предотвращения опустынивания и деградации аридных кормовых угодий, пойменных лесных фитоценозов и земель сельхозназначения, повышения их продуктивности, увеличения биоразнообразия для восстановления почвенного плодородия и формирования здоровых, стабильных степных, полупустынных и лесных экосистем».

История статьи: поступила в редакцию 31.01.2024; принята к печати 10.07.2024.

Для цитирования: Баканева А.А. Влияние гидрологического режима на посадки дуба черешчатого *Quercus robur* L. в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. 459–467. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-459-467

Influence of hydrological regime on plants of English oak *Quercus robur* L. under conditions of Volga-Akhtuba floodplain

Anna A. Bakaneva 

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan region, Russian Federation
✉ solnce5508@mail.ru

Abstract. Different methods of planting English oak (*Quercus robur* L.)—acorns, one-year-old seedlings and two-year-old saplings—on experimental plots of Volga-Akhtuba floodplain in the Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaymishche were studied. The following variants of hydrological conditions—long-duration flooding, short-duration flooding, non-flooding—were studied. Forests of the Astrakhan region are experiencing enormous natural and anthropogenic loads, which leads to the degradation of forest phytocenosis. Therefore, such studies are relevant for this region. The purpose of the research was to study the methods of planting English oak (*Quercus robur*) with various planting materials, including acorns, one-year-old seedlings and two-year-old saplings in the floodplain conditions of the Volga River in the village of Solenoye Zaymishche. The data obtained were processed by the method of variance analysis of B.A. Dospekhov (2014) using the Microsoft Excel program. According to the results of the three-year study (2021–2023), the highest survival (56%) was noted under conditions of Volga-Akhtuba floodplain on long-duration flooding site with two-year-old saplings, which exceeded the other variants by 4–5 times.

Key words: acorns of English oak, one-year-old seedlings of English oak, two-year-old saplings of English oak, preservation, hydrological conditions

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

Acknowledgments. The research was performed within the framework of the state assignment: “Developing scientifically based agrofitomeliorative technologies for preventing desertification and degradation of arid forage lands, floodplain forest phytocenoses and agricultural lands, increasing their productivity, biodiversity to restore soil fertility and form healthy, stable steppe, semi-desert and forest ecosystems”.

Article history: Received: 31 January 2024. Accepted: 10 July 2024.

For citation: Bakaneva AA. Influence of hydrological regime on plants of English oak *Quercus robur* L. under conditions of Volga-Akhtuba floodplain. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):459–467. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-459-467

Введение

Волго-Ахтубинская пойма (ВАП) — одна из крупнейших в мире речных долин (7500 км²) [1]. Она обладает огромными природными ресурсами¹ [2, 3]. Раньше, до постройки Волжской гидроэлектростанции, практически вся поверхность поймы каждый год заливалась водами Волги [4, 5]. В настоящее время объем весеннего паводка регулируется шлюзами. После строительства ГЭС в пойме изменился гидрологический режим [6, 7], произошло сокращение высоты и продолжительности весенних паводков. Это привело к пересыханию большинства протоков и ериков [8], что, в свою очередь, просматривается тенденция усыхания лесов, засоления почвы, остепнению лугов на высоких участках, а также уменьшения накопления пойменного ила² [9].

Леса являются главным компонентом ВАП [10]. Площадь лесного фонда составляет 1,8 % от всей территории Астраханской области [11]. Эти леса, прежде всего, выполняют функции водоохранного, защитного и санитарно-гигиенического значения [12, 13]. Ботанический состав лесных полос области небогат и состоит из *Ulmus L.*, *Ácer L.*, *Fraxinus L.*, *Quércus L.*, *Sálìx L.*, *Pópulus L.*, *Elaeágnus L.*, *Támarix L.* В основном данные площади заняты ивой древесной (33 %) и тополем (22 %), а дубовые рощи занимают чуть более 8 % [14], при этом в Астраханской области отмечены крупные несанкционированные вырубki дуба черешчатого. Поэтому, чтобы увеличить видовое разнообразие лесов, мы выбрали дуб черешчатый (*Quercus robur L.*), так как он характеризуется значительной хозяйственной ценностью, а также обеспечивает формирование самых богатых по видовому составу и разнообразию экологических функций лесных экосистем в регионе. Он является одной из наиболее долговечных древесных пород России. Восстановление дуба в наших лесах имеет большое природоохранное и хозяйственное значение. Однако по Астраханскому региону естественные дубравы расположены локально.

Цель исследования — изучить способы посадки дуба черешчатого *Quércus robur* различным посадочным материалом, в т.ч. желудями, однолетними и двухлетними саженцами в пойменных условиях реки Волга в пределах села Соленое Займище.

Материалы и методы исследования

Работа проводилась в 2021—2023 гг. в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Закладка опыта была проведена осенью 2020 г. (желуди) и весной 2021 г. (однолетними и двухлетними саженцами) сотрудниками ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» на участках, ко-

¹ Волго-Ахтубинская пойма — природный дар человечеству: иллюстр. науч.-популяр. очерк по охране природы / науч. ред. и сост. В.В. Малыченко ; под общ. ред. В.Ф. Желтобрюхова, И.М. Шабуниной. Волгоград : Издатель, 2006. 472 с.

² Геоэкологические проблемы использования ресурсов малых рек и Волго-Ахтубинской поймы. Режим доступа: <https://studentopedia.ru/ekologiya/geoekologicheskie-problemi-i-spolzovaniya-resursov-malih-rek-i-volgo-ahhtubinskoj-pojmi--regionalnie.html> Дата обращения: 29.01.2024.

торые расположены в правобережной части ВАП южнее 3,5...5,5 км села Соленое Займище, где естественные дубравы отсутствуют.

Сроки сбора желудей — конец сентября — начало октября [15]. Хорошие желуди, которые пригодны для дальнейшей посадки, не должны иметь внешних признаков повреждений или заселения грибами (трещинки, погрызы, нетипичные изменения окраски, плесень, гнили). Также при отборе жизнеспособных желудей был проведен тест: собранные в лесу экземпляры опускали в ведро с водой. Для посадки в качестве семенного материала использовали те плоды дуба, которые сразу утонули. Посадка желудями была произведена осенью 2020 г. для того, чтобы прошел процесс стратификации, а именно, воздействие на семена холода и влаги, стимулирующие прорастание. В природе этот процесс происходит естественно, когда упавшие плоды зимуют под землей или под слоем снега.

В апреле 2021 г. сотрудниками ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» производилась посадка на опытных участках однолетними и двулетними саженцами дуба черешчатого по 90 шт. Общая площадь составляет 1 га. Были выбраны 3 участка с различными гидрологическими условиями. В период половодья опытные участки заливались полыми водами: краткопоемные — на срок до 15 дней, долгопоемные — на срок более 15 дней, незаливные — не заливались совсем (в период пика половодья вода находится ниже участков на 4–5 м и не покрывает его поверхность). Посадочный материал был выращен в питомнике ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» из желудей, собранных в природных пойменных дубравах в с. Ушаковка и Вязовка (крайняя северная часть Астраханской области).

Был заложен двухфакторный опыт. Фактор А — посадочный материал: желуди, однолетние и двулетние саженцы. Фактор В — гидрологические условия: незаливной, краткопоемный, долгопоемный участки. Повторность опыта трехкратная (табл. 1). Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа Б.А. Доспехова³ с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Схема опыта посадки дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы села Соленое Займище

Посадочный материал – фактор А	Дата посадки	Длительность затопления участков – фактор В		
		Незаливной	Краткопоемный	Долгопоемный
Желуди, шт.	Осень, 2020 г.	30	30	30
Однолетние саженцы, шт.	Весна, 2021 г.	30	30	30
Двулетние саженцы, шт.	Весна, 2021 г.	30	30	30

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

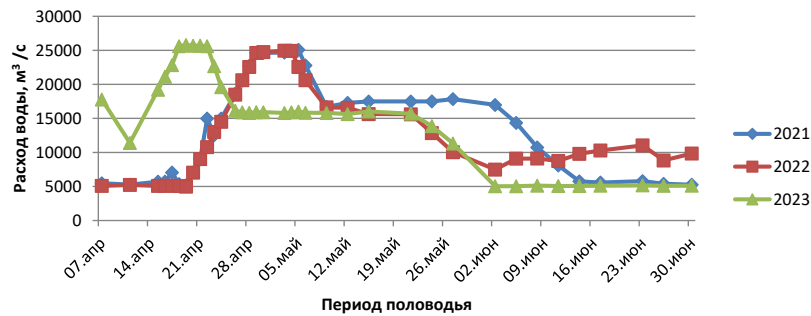
Table 1

The scheme of the experiment of planting English oak under conditions of Volga-Akhtuba floodplain in Solenoye Zaymishche village

Planting material – Factor A	Planting date	The duration of flooding of the sites – Factor B		
		Non-flooding	Short-duration flooding	Long-duration flooding
Acorns	Autumn 2020	30	30	30
One-year-old seedlings	Spring 2021	30	30	30
Two-year-old saplings	Spring 2021	30	30	30

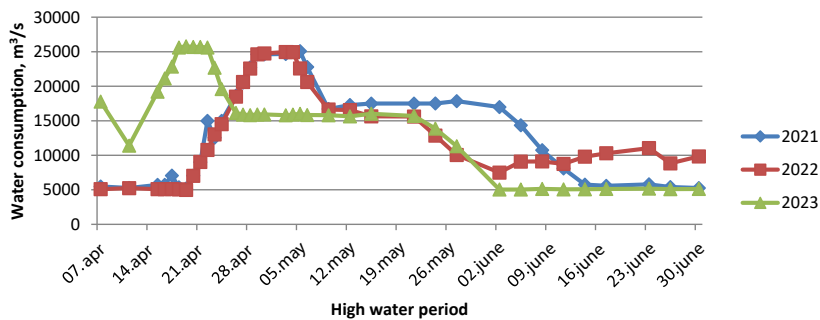
Результаты исследования и обсуждение

В период исследований посадок дуба черешчатого 2021–2023 гг. на опытных участках проводился мониторинг половодья. По распоряжению Федерального агентства водных ресурсов, Волжская ГЭС в 2021 и 2022 гг. приступала к сбросу воды с 19 апреля. С 28 апреля по 5 мая (8 дней) работала в режиме максимально установленных сбросов. Среднесуточные расходы воды составляли $25000 \pm 500 \text{ м}^3/\text{с}$. В 2023 г. половодье наступило раньше — с 7 апреля. Максимальные значения сброса пришлось на период с 18 по 22 апреля (5 дней) (рис.).



Динамика уровня весеннего паводка по годам исследования (2021–2023 гг.)

Источник: сделано А.А. Баканевой



Dynamics of the spring flood level by the research years (2021–2023)

Source: created by A.A. Bakaneva

Во время мониторинга половодья в годы исследования уровень воды был достаточен для заливания участков, при этом опытные площадки были залиты в соответствии с выбранными вариантами опыта.

В результате проведенных исследований с использованием двух факторов были получены следующие результаты, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сохранность саженцев (сеянцев) дуба черешчатого через 3 года после посадки в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы, 2023 г.

Посадочный материал – фактор А	Дата посадки	Длительность затопления участков – фактор В		
		Незаливной	Краткопоемный	Долгопоемный
Желуди, шт.	Осень, 2020 г.	10/33*	7/23	4/13
Однолетние саженцы, шт.	Весна, 2021 г.	4/13	10/33	3/10
Двулетние саженцы, шт.	Весна, 2021 г.	6/20	3/10	17/56
НСП _{(05) общая}		1,75**		
НСП _{(05) А}		1,02		
НСП _{(05) В}		1,01		
НСП _{(05) АВ}		1,02		

Примечание. * Числитель – количество штук, знаменатель – процент от посаженного количества; **НСП – посчитан по количеству штук.

Table 2

Survival of seedlings (saplings) of English oak 3 years after planting under conditions of Volga-Akhtuba floodplain, 2023

Planting material – Factor A	Planting date	The duration of flooding of the sites – Factor B		
		Non-flooding	Non-flooding	Non-flooding
Acorns	Autumn 2020	10/33*	7/23	4/13
One-year-old seedlings	Spring 2021	4/13	10/33	3/10
Two-year-old saplings	Spring 2021	6/20	3/10	17/56
LSD _{(05) total}		1.75**		
LSD _{(05) A}		1.02		
LSD _{(05) B}		1.01		
LSD _{(05) AB}		1.02		

Note. * Numerator – the number of plants; denominator – the percentage of the planted amount; **LSD – calculated by the number of plants.

По результатам опыта выявлено, что на сохранность саженцев (сеянцев) дуба черешчатого существенное влияние оказали и длительность затопления участков, и вид посадочного материала, в т.ч. посадки желудями на незаливных участках сохранились на 10...20 % лучше, чем на кратко- и долгопоемном участ-

ках, а также, чем одно- и двухлетние саженцы на этом же варианте. Однолетние саженцы лучше сохранились на короткопоемном участке на 20...23 % по фактору В и на 10...23 % по фактору А. На долгопоемном участке высокая сохранность (56 %) отмечена на посадках двухлетними саженцами, которая превысила остальные варианты в 4–5 раз.

Также, в течение мониторинга производились замеры прироста посадочного материала, которые приведены в табл. 3.

Таблица 3

Динамика высоты саженцев (сеянцев), см, дуба черешчатого по вариантам опыта через 3 года после посадки, 2023 г.

Посадочный материал – фактор А	Длительность затопления участков – фактор В		
	Незаливной	Краткопоемный	Долгопоемный
Желуди, шт.	*0/13,3**	0/14,2	0/14,4
Однолетние саженцы, шт.	18,3/21,2	17,4/20,3	18,2/21,3
Двухлетние саженцы, шт.	17,5/17,5	18,6/18,6	17,4/20,5
HCP _{(05) общая}	0,86		
HCP _{(05) А}	0,49		
HCP _{(05) В}	0,49		
HCP _{(05) АВ}	0,50		

Примечание. *Числитель – высота при посадке, знаменатель – высота через 3 года; ** дисперсионный анализ проведен по данным 2023 г.

Table 3

Height of seedlings (saplings) (cm) of English oak 3 years after planting, 2023

Planting material – Factor A	The duration of flooding of the sites – Factor B		
	Non-flooding	Non-flooding	Non-flooding
Acorns	*0/13.3**	0/14.2	0/14.4
One-year-old seedlings	18.3/21.2	17.4/20.3	18.2/21.3
Two-year-old saplings	17.5/17.5	18.6/18.6	17.4/20.5
LSD _{(05) total}	0.86		
LSD _{(05) А}	0.49		
LSD _{(05) В}	0.49		
LSD _{(05) АВ}	0.50		

Note. * Numerator – height at planting; denominator – height after 3 years; ** the analysis of variance was carried out according to the data of 2023.

Таким образом, исследуя динамику роста посадок дуба черешчатого, отметили, что на рост сеянцев (посадки желудями) гидрологические условия существенно повлияли только на незаливном участке, где через три года их высота была на 0,9...1,1 см меньше, чем на двух других вариантах соответственно.

Прироста в высоту у однолетних и двулетних саженцев в 2021, 2022 гг. не обнаружено. На третий год посадки однолетними саженцами по всем вариантам длительности затопления участков прибавили в среднем 2,9...3,1 см, при этом существенным влияние гидрологического режима можно назвать только на короткопоемном участке. Двулетние саженцы на третий год начали расти только на долгопоемном участке, где они прибавили в высоту в среднем 3,1 см. Однако, отмечено существенное влияние по всем вариантам фактора В. По фактору А также разность существенна.

Заключение

По результатам проведенных исследований установлено, что в почвенно-климатических условиях ВАП Астраханской области для посадок дуба черешчатого желудями необходимо выбирать незаливные, однолетними саженцами — короткопоемные, а двулетними саженцами — долгопоемные участки.

Список литературы

1. Каблов В.Ф., Костин В.Е., Соколова Н.А. Волго-Ахтубинская пойма. Экологическая ситуация; проблемы и решения по ее улучшению : монография / ВПИ (филиал) ВолГТУ. Волгоград : ИУНЛ ВолГТУ, 2015. 243 с.
2. Васильченко А.А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Научно-агронимический журнал. 2022. № 4 (119). С. 12–18. doi: 10.34736/FNC.2022.119.4.002.12-18
3. Овчарова А.Ю. Причины деградации ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013. № 1 (173). С. 77–80.
4. Щукина А.М., Горелов В.П., Зенкина Т.Е. Оценка состояния водоемов Волго-Ахтубинской поймы по различным показателям зообентоса в условиях вегетационного периода 2018 года // Природные системы и ресурсы. 2019. Т. 9. № 4. С. 52–63. doi: 10.15688/nr.jvolsu.2019.4.6 EDN LYJKHX
5. Брылев В.А., Самусь Н.А., Славгородская Е.Н. Родники и реки Волгоградской области : монография. Волгоград : Михаил, 2007. 200 с.
6. Уланова И.А., Ефимова Н.Б. Оценка мелиоративных мероприятий при проведении экологической реабилитации водных биоресурсов // Известия НВ АУК. 2020. № 1 (57). С. 134–147. doi: 10.32786/2071-9485-2020-01-14
7. Балаккерев В.В. Возможность применения методов ДЗЗ для изучения воздействия Волжской ГЭС на ландшафты Волго-Ахтубинской поймы // Экологический сборник 7 : труды молодых ученых. Всерос. (с междунар. участием) молодежная науч. конф. Тольятти, 2019. С. 65–68.
8. Филиппов О.В., Виняр Т.Ю., Кочеткова А.И. Современная динамика половодий и водное питание Волго-Ахтубинской поймы // Проблемы и перспективы устойчивого развития региона: VIII Регион. науч.-практ. конф., г. Волжский, 29–30 нояб. 2011 г. : сб. ст. Волгоград : Волгогр. науч. изд-во, 2011. С. 121–125.
9. Брылев В.А., Стрельцова Е.Н., Арестов А.В. Изменение геоморфологических процессов и ландшафтов в Волго-Ахтубинской пойме в связи с регулированием гидрологического режима Волги // Геоморфология. 2001. № 3. С. 87–93.
10. Васильченко А.А. Картографирование лесистости Волго-Ахтубинской поймы // Научно-агронимический журнал. 2023. № 3 (122). С. 07–14. doi: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14
11. Русакова Е.Г., Заболотная М.В. Кустарники лесного фонда Астраханской области // Естественные науки. 2011. № 2 (35). С. 33–41.
12. Рыбашилькова Л.П., Конев С.В. Мониторинг лесного фитоценоза прибрежной территории Волго-Ахтубинской поймы // Аграрный вестник Урала. 2017. № 10 (164). С. 36–39.
13. Зайцева Х.И., Зиновьева И.С. Роль и значение лесного комплекса в экономике РФ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7–1. С. 132–134.
14. Русакова Е.Г., Заболотная М.В. Основные древесные породы лесного фонда астраханской области // Естественные науки. 2011. № 1 (34). С. 21–31.

15. Барайщук Г.В., Казакова А.С., Шевченко Н.Ю., Гайвас А.А. Выращивание дуба черешчатого (*Quercus robur*) в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (114). С. 13—19.

References

1. Kablov VF, Kostin VE, Sokolova NA. *Volgo-Akhtubinskaya poima. Ekologicheskaya situatsiya; problemy i resheniya po ee uluchsheniyu* [Volga-Akhtuba floodplain. Ecological situation; problems and solutions for its improvement]. Volgograd; 2015. (In Russ.).
2. Vasilchenko AA. Spatial analysis of the Volga-Akhtuba floodplain irrigated fields infrastructure in the Volgograd region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022;(4):12—18. (In Russ.). doi: 10.34736/FNC.2022.119.4.002.12-18
3. Ovcharova AY. The reasons for the degradation of landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain. *Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus region. Natural sciences*. 2013;(1):77—80. (In Russ.).
4. Shchukina AM, Gorelov VP, Zenkina TE. Assessment of the state of Volga-Akhtuba floodplain water reservoirs by various indices of zoobenthos in the conditions of the growing season of 2018. *Natural Systems and Resources*. 2019;9(4):52—63. (In Russ.). doi: 10.15688/nsr.jvolsu.2019.4.6
5. Brylev VA, Samus NA, Slavgorodskaya EN. *Rodniki i reki Volgogradskoi oblasti* [Springs and rivers of the Volgograd region]. Volgograd; 2007. (In Russ.).
6. Ulanova IA, Efimova NB. Assessment of reclamation activities when carrying out environmental rehabilitation of aquatic bioresources. *Proceedings of Lower Volga Agro-university Complex: Science and Higher Education*. 2020;(1):134—147. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2020-01-14
7. Balakerev VV. Possibility of applying remote sensing methods to study the impact of the Volga hydroelectric power station on the landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain. In: *Ecological collection 7*. Tolyatti; 2019. p.65—68. (In Russ.).
8. Filippov OV, Vinyar TY, Kochetkova AI. Modern dynamics of floods and water supply of the Volga-Akhtuba floodplain. In: *Problems and prospects for sustainable development of the region: conference proceedings*. Volgograd; 2011. p.121—125. (In Russ.).
9. Brylev VA, Streltsova EN, Aristov AV. Changes of landscapes and geomorphic processes in the Volga-Akhtuba flood-plain due to Volga's flow regulating. *Geomorfologiya*. 2001;(3):87—93. (In Russ.).
10. Vasilchenko AA. Forestry mapping of the Volga-Akhtuba floodplain. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;(3):7—14. (In Russ.). doi: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14
11. Rusakova EG, Zabolotnaya MV. Bushes of forest resources of Astrakhan region. *Natural sciences*. 2011;(2):33—41. (In Russ.).
12. Rybashlykova LP, Konev SV. Monitoring of forest phytocenosis of the coastal area of the Volga-Akhtuba floodplain. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017;(10):36—39. (In Russ.).
13. Zaitseva KI, Zinoveva IS. The role and importance of the forest complex in the economy of the Russian Federation. *Modern High Technologies*. 2014;(7–1):132—134. (In Russ.).
14. Rusakova EG, Zabolotnaya MV. Basic wood species of forest resources of Astrakhan region. *Natural sciences*. 2011;(1):22—31. (In Russ.).
15. Baraishchuk GV, Kazakova AS, Shevchenko NY, Gayvas AA. English oak (*Quercus robur*) cultivation in Omsk region in south forest-steppe conditions. *Bulletin of KSAU*. 2016;(3):13—19. (In Russ.).

Об авторе:

Баканева Анна Александровна — младший научный сотрудник, отдел рационального природопользования, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: solnce5508@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2619-8794 SPIN-код: 7306-1060

About author:

Bakaneva Anna Aleksandrovna — Junior Researcher, Department of Environmental Management, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny street, Solenoe Zaimishche, Chernoyarsky District, Astrakhan Region, 416251, Russian Federation; e-mail: solnce5508@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2619-8794 SPIN-code: 7306-1060



Животноводство Animal breeding

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-468-476

УДК 636.52/.58:636.082

EDN CBBVTH

Научная статья / Research article

Сравнение показателей роста и развития, влияющих на мясную продуктивность петушков в ресурсных популяциях

А.Н. Ветох  , Н.А. Волкова , А.Ю. Джагаев Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
г. Подольск, Российская Федерация anatezuya@mail.ru

Аннотация. Создание ресурсных популяций животных является удобным инструментом для изучения генетического разнообразия, повышения эффективности селекции и сохранении генетических ресурсов. Изучена ресурсная популяция петушков, состоящая из особей яичного и мясного направления продуктивности, а также их потомков первого и второго поколения, проанализированы различия в росте и развитии у разных генераций. Проведен анализ разности и изменчивости по показателю живой массы. Дана характеристика экстерьера на основе индексов массивности и широкотелости — показателей, имеющих зависимости с мясной продуктивностью птицы. У особей первого и второго поколения выявлена достоверная разность по живой массе в сравнении с родительской формой породы русская белая во всех возрастах, а в сравнении с породой корниш — с 4-й по 12-ю неделю у особей второго поколения и по 16-ю неделю у особей первого поколения. Изучение коэффициента вариации показало, что у петушков первого поколения в возрасте 10...12 недель он был выше 25 %, что говорит о высокой степени изменчивости признака по показателю живой массы в сравнении с остальными особями в ресурсной популяции. У породы корниш наблюдался самый низкий коэффициент вариабельности признака в возрастах 6, 12 и 20 недель. По индексам широкотелости и массивности у петушков второго поколения наблюдался эффект гетерозиса при их развитии к возрасту 20 недель, что характеризовало их как здоровых и быстрорастущих

© Ветох А.Н., Волкова Н.А., Джагаев А.Ю., 2024

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

особей с хорошо развитой мускулатурой. Результаты нашего исследования могут помочь птицеводам в селекционной работе при подборе кур с целью создания новых пород и линий с улучшенными характеристиками, а для частных и личных хозяйств повысить эффективность собственного производства.

Ключевые слова: куры, русская белая, корниш, помеси, индексы телосложения

Вклад авторов: Ветох А.Н. — дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ полученных данных, написание текста; Волкова Н.А. — концепция и дизайн исследования; Джагаев А.Ю. — сбор материала.

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


Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ № FGGN-2024-0014).

История статьи: поступила в редакцию 24.07.2023; принята к печати 11.04.2024.

Для цитирования: Ветох А.Н., Волкова Н.А., Джагаев А.Ю. Сравнение показателей роста и развития, влияющих на мясную продуктивность петушков в ресурсных популяциях // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 468–476. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-468-476

Comparison in indicators of growth and development affecting the meat productivity of cockerels in resource populations

Anastasia N. Vetokh  , Natalia A. Volkova , Alan Y. Dzhagaev 

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst,
Podolsk, Russian Federation
 anastezuya@mail.ru

Abstract. Creation of animal resource populations is a convenient tool for studying genetic diversity, increasing efficiency of breeding, and conserving genetic resources. In the article, we studied the resource population of males of egg and meat direction of productivity, as well as their progeny of the first and second generations, analyzed the differences in growth and development in different generations. An analysis of the difference and variability in terms of live weight was carried out. Characteristic of exterior was given based on the indices of massiveness and broad body — indicators that have dependencies with meat productivity of poultry. In birds of the first and second generation, a significant difference in live weight was revealed in comparison with the parental form of the Russian White breed at all ages, and in comparison, with the Cornish breed — from the 4th to the 12th week in birds of the second generation and to the 16th week in birds of the first generation. Coefficient of variation showed that in males of the first generation at the age of 10...12 weeks it was above 25%, which indicates a high degree of variability of the trait in terms of live weight, in comparison with other animals in the resource population. The Cornish breed had the lowest coefficient of variability for the traits at 6, 12, and 20 weeks of age. In terms of broad body and massive indices, the effect of heterosis was observed in males of the second generation during their development by the age of 20 weeks, which characterized them as healthy and fast-growing individuals with well-developed muscles. The results of our study can help poultry farmers in breeding work when selecting chickens to create new breeds and lines with improved characteristics, and for private and personal farms to increase the efficiency of their own production.

Key words: chickens, Russian White breed, Cornish breed, crossbreeds, body indices

Author contributions. Vetokh A.N. designed the experiments, collected and processed data, analyzed the data, wrote the paper; Volkova N.A. conceived and designed the experiments; Dzhagaev A.Y. collected data.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Funding. The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Contract No. FGGN-2024-0014).

Article history: Received: 24 July 2023. Accepted: 11 April 2024.

For citation: Vetokh AN, Volkova NA, Dzhagaev AY. Comparison in indicators of growth and development affecting the meat productivity of cockerels in resource populations. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):468—476. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-468-476

Введение

Выращивание кур — одна из самых распространенных и экономически выгодных отраслей птицеводства, в т. ч. и для получения мяса. Рост и развитие — это важные факторы, которые определяют продуктивность и качество мяса сельскохозяйственной птицы [1]. В современной птицеводческой отрасли существует проблема эффективного использования ресурсов для получения максимальной прибыли. В последние годы птицеводы все больше внимания уделяют созданию новых пород кур, которые будут лучше соответствовать потребностям рынка и обеспечивать высокую производительность, при этом еще одной из задач остается сохранение биоразнообразия [1, 2]. Однако, для того чтобы создать новую породу, необходимо провести множество исследований и экспериментов. Одним из методов, помогающих изучить рост и развитие сельскохозяйственных животных, является создание ресурсной популяции [3, 4]. Использование модельных животных дает возможность учитывать не только физиологические особенности птиц, но и их генетические характеристики [5—7].

Цель исследования — провести сравнительный анализ роста и развития петушков разных генераций в ресурсной популяции, а также изучить фенотипическую изменчивость некоторых признаков мясной продуктивности.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования стала ресурсная популяция петушков: особи мясного (порода корниш белый) и яичного (порода русская белая) направлений продуктивности и их потомки первого и второго поколения. Птица содержалась в отделе организации опытно-экспериментальной базы ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Помещения для содержания птицы были оборудованы приточной вентиляцией. Температуру в птичнике поддерживали на уровне от 20 до 25 °С, влажность — от 48,5 до 51,2 %. Кормление птицы осуществляли промышленным комбикормом соответственно возрасту согласно установленным нормам кормления¹.

¹ Научно обоснованные рекомендации по производству продукции птицеводства в организациях всех форм собственности Ставропольского края: метод. рекомендации / Е.Э. Епимахова, Н.И. Белик, В.Е. Закотин и др. Ставрополь : АГРУС, 2014. С. 20–22, 31.

Мы исследовали 130 петушков. Все особи были крыломечены с использованием номерных пластинок. С момента выхода из яйца с кондиционных цыплят снимались весовые и линейные показатели до достижения возраста в 24 недели. Фенотипические показатели фиксировали в динамике по возрасту 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24 недели. Замеры живой массы производили с использованием электронных весов Vitek и бытовых электронных весов типа безмен, промер ширина таза — штангенциркуля: эти показатели характеризуют развитие грудных мышц, а длина туловища измеряли с помощью сантиметровой ленты. Исходя из установленных показателей рассчитали индексы телосложения птицы (по П.А. Кабыстиной), такие как индекс массивности ($ИМ = \frac{\text{живая масса, г}}{\text{длина туловища, см}}$) и индекс широкотелости ($ИШ = \frac{\text{ширина таза} \times 100}{\text{длина туловища}}$). Эти показатели используются при сравнении фенотипических профилей птиц разных пород, а также характеризуют мясную продуктивность, упитанность и компактность телосложения².

Все цифровые значения вносили в электронную базу, которую вели в программе MS Excel, а данные измерений обрабатывали методами описательной статистики в программе STATISTICA 7.0 с определением коэффициента вариации, средних величин и ошибок ($M \pm m$), для оценки уровней значимости использовали *t*-test и *F*-критерий в ANOVA. Результаты представили в виде графиков и таблиц, чтобы наглядно показать различия между исходными и модельными формами.

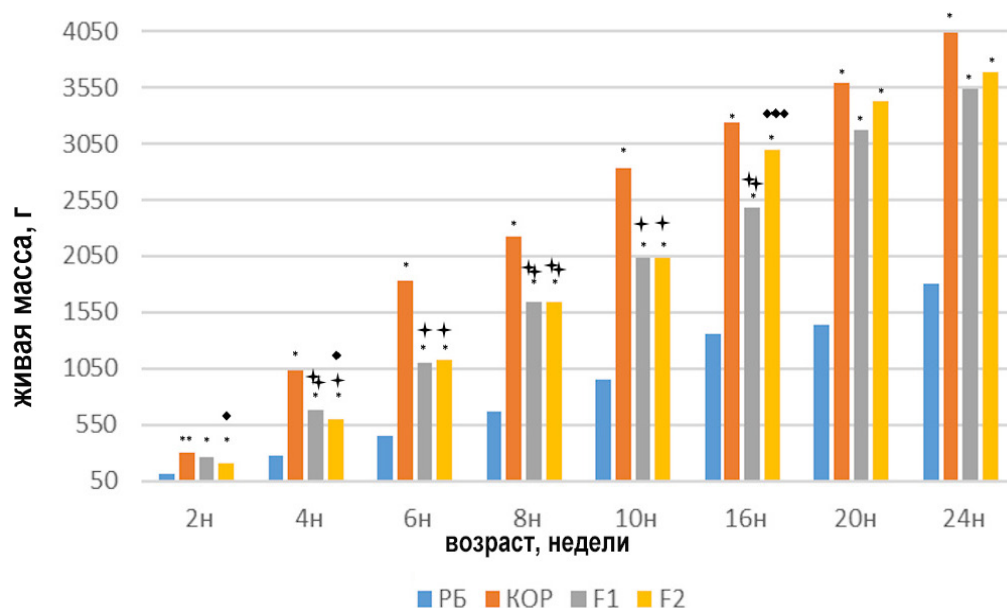
Результаты исследования и обсуждение

Проведено сравнение роста и развития петушков различных поколений модельных кур с исходными формами — родительского стада исходных пород (РБ — русская белая, КОР — корниш) первого F1 и второго F2 поколений — и выявили, что сравниваемые показатели петушков ресурсной популяции отличались в зависимости от поколения кур.

В изученной нами динамике живой массы петушков (рис. 1) в зависимости от возраста и поколения было замечено, что петушки породы русская белая имели достоверно меньшие весовые показатели в сравнении со всеми остальными группами животных во всех возрастах. Цыплята в возрасте 2 недели были достоверно меньше цыплят породы корниш в 2,79 раза (при $p < 0,01$) и помесных цыплят поколения F1 и F2 в 2,45 и 1,94 раза ($p < 0,001$) соответственно. Наибольшие различия по показателю живой массы были между петушками пород русская белая и корниш в возрасте 6 недель ($p < 0,001$), а разность составляла 301 %, что в среднем соответствовало 1373,86 г. В ходе попарных сравнений у мясных петушков не было обнаружено достоверных различий по массе с петушками ресурсной популяции из первой и второй генерации в первые недели после выхода из яйца и по достижению половозрелости, но были выявлены достоверные различия между петушками породы корниш и потомками первого поколения в возрастах 4, 6, 8 и 10 недель, и потомками второго поколения в возрастах 4, 6, 8, 10 и 16 недель. Наибольшая разность между чистопородными особями и вто-

² Куликов Л.В. Практикум по птицеводству. Издание второе, допол. М. : РУДН, 2002. С. 23–27.

рым поколением была в возрасте 4 недели и составляла 1,73 раза (при $p \leq 0,01$), а с первым поколением она составляла 1,66 раз в возрасте 6 недель ($p \leq 0,001$). При сравнении петушков-потомков наблюдались достоверные различия в начале роста и с наступлением половозрелости. Цыплята первого поколения были крупнее цыплят поколения F2 в возрасте 2 недели, разность по живой массе между особями составляла 21 %, а к возрасту 4 недели уже не превышала 13 % ($p \leq 0,001$). В возрасте 16 недель особи F2 показали усиленный рост и стали крупнее петушков F1 на 20,68 % ($p \leq 0,05$). В возрастах 20 и 24 недели также особи второго поколения были крупнее своих аналогов, но различия были незначительны и составляли 7,95 и 4,12 % соответственно.



- | | | |
|------------------------|------------------|-------------------|
| * РБ×КОР, РБ×F1, РБ×F2 | * $p \leq 0,001$ | ** $p \leq 0,01$ |
| + КОР×F1, КОР×F2 | + $p \leq 0,001$ | ++ $p \leq 0,01$ |
| ◆ F1×F2 | ◆ $p \leq 0,001$ | ◆◆◆ $p \leq 0,05$ |

Рис. 1. Динамика весовых показателей в ресурсной популяции

Источник: сделано А.Н. Ветох, Н.А. Волковой, А.Ю. Джагаевым с помощью MS: РБ – порода русская белая; КОР – порода корниш; F1 – помеси первого поколения; F2 – помеси второго поколения Excel

Чтобы оценить степень разброса значений по показателю живой массы так же был рассчитан коэффициент изменчивости (рис. 2), который, как известно, показывает, насколько сильно данные отклоняются от среднего значения и может использоваться для оценки надежности измерений и анализа их сходства.

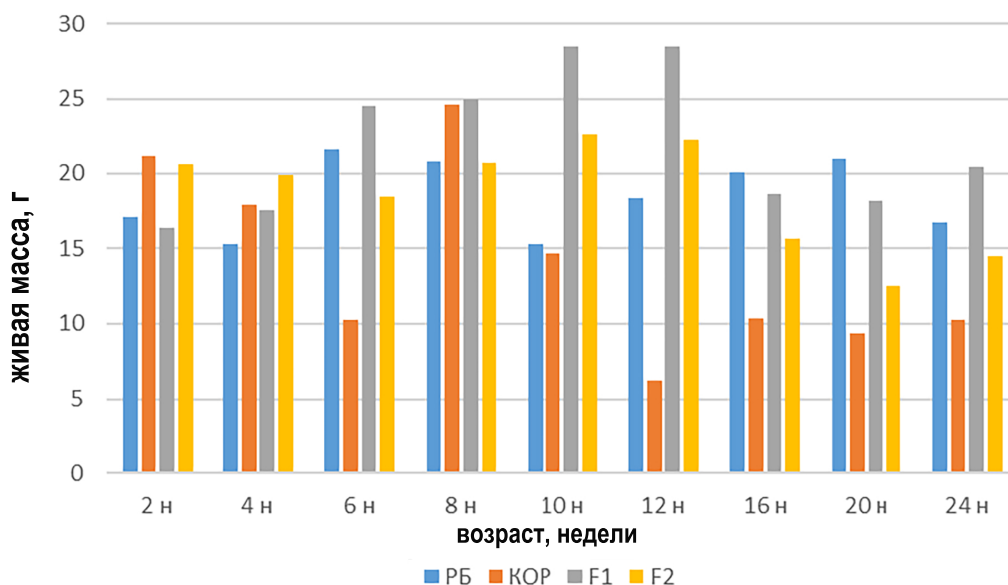


Рис. 2. Динамика коэффициента вариации в ресурсной популяции: РБ — порода русская белая; КОР — порода корниш; F1 — помеси первого поколения; F2 — помеси второго поколения Excel

Источник: А.Н. Ветох, Н.А. Волковой, А.Ю. Джагаевым с помощью MS Excel

Результаты показали, что у петушков первого поколения в возрасте 10...12 недель коэффициент вариации превышал 25 %, что говорит о высокой степени изменчивости признака по показателю живой массы, в сравнении с остальными участниками исследования. Степень изменчивости в этом возрасте может зависеть как от генетических особенностей петушков, так и от условий содержания и кормления [8, 9]. Однако, как видно из графика, родительские формы петушков также имели достаточно высокую степень варибельности живой массы в некоторых возрастах, что, вероятно, могло привести к более высокому коэффициенту изменчивости весовых показателей у потомства. У породы корниш наблюдался самый низкий коэффициент варибельности признака в возрастах 6, 12 и 20 недель. Эти возраста совпадают с изменениями в условиях содержания, что может характеризовать этих особей как наиболее подверженных стрессу. В возрасте 6 и 20 недель происходила смена промышленного комбикорма, а в возрасте 12 недель происходил перевод птиц из помещений для цыплят и молодняка в птичник для взрослой птицы.

Для того, чтобы охарактеризовать фенотипическую изменчивость по показателям мясной продуктивности, необходимо иметь представление и об экстерьерном профиле особей [10]. Мы рассчитали индексы массивности и индексы широкотелости у петушков ресурсной популяции (таблица). Чем больше масса тела, тем выше индекс массивности. В птицеводстве индекс массивности свидетельствует о том, что птица имеет хорошее здоровье и высокую продуктивность, и может быть

применен для определения качества мяса птицы и эффективности использования кормов [11—13].

Индексы массивности и широкотелости петушков разных генотипов $M \pm m$

Возраст, недели	Генотипы			
	РБ (n = 30)	КОР (n = 21)	F1 (n = 33)	F2 (n = 46)
Индекс массивности				
2	14,55 ± 0,35	26,92 ± 6,40	32,27 ± 1,32*	23,44 ± 0,26* ♦
4	24,79 ± 0,57	70,43 ± 12,3**	51,05 ± 2,22* ♦	43,88 ± 0,46* ♦♦ ▶
6	34,43 ± 0,71	99,36 ± 8,98*	66,03 ± 3,45* ♦♦	64,43 ± 0,70* ♦
8	44,53 ± 0,78	124,2 ± 14,0*	68,21 ± 3,32* ♦	84,38 ± 1,08* ♦♦ ▶
10	54,37 ± 1,75	126,2 ± 5,19*	79,95 ± 4,02* ♦	91,68 ± 2,13* ♦♦▶▶
12	58,51 ± 1,96	127,2 ± 2,65*	92,82 ± 5,89* ♦	104,1 ± 2,67* ♦
16	66,68 ± 3,40	133,1 ± 3,12*	105,9 ± 6,58* ♦♦	124,9 ± 3,42* ▶▶▶
20	67,96 ± 5,16	144,5 ± 7,8*	121,4 ± 4,1* ♦♦	146,7 ± 2,75* ▶
24	83,94 ± 15,0	156,4 ± 12,9**	154,8 ± 0,97*	159,1 ± 3,13*
Индекс широкотелости, %				
2	42,3 ± 0,5	43,4 ± 1,0	37,2 ± 1,0*	42,4 ± 0,3▶
4	38,7 ± 0,7	44,1 ± 5,0	38,5 ± 1,1	40,3 ± 0,3
6	39,2 ± 0,4	46,9 ± 2,0	37,3 ± 0,1*	40,3 ± 0,3* ♦♦ ▶▶
8	40,7 ± 0,4	45,5 ± 2,1	40,2 ± 0,1♦♦♦	41,2 ± 0,3
10	39,9 ± 0,6	45,3 ± 2,0	40,6 ± 1,1	40,6 ± 0,6
12	39,0 ± 0,8	44,5 ± 2,1	37,3 ± 0,1♦♦	40,3 ± 0,6▶
16	39,7 ± 0,9	44,1 ± 2,0	38,4 ± 0,1	42,1 ± 1,0▶▶▶
20	40,5 ± 1,6	41,9 ± 2,8	37,7 ± 0,1	46,3 ± 1,1▶
24	41,4 ± 7,2	39,8 ± 4,0	36,4 ± 0,1	47,1 ± 0,7▶

* РБ×КОР, РБ×F1, РБ×F2	* $p \leq 0,001$	** $p \leq 0,01$	*** $p \leq 0,05$
♦ КОР×F1, КОР×F2	♦ $p \leq 0,001$	♦♦ $p \leq 0,01$	♦♦♦ $p \leq 0,05$
▶ F1×F2	▶ $p \leq 0,001$	▶▶ $p \leq 0,01$	▶▶▶ $p \leq 0,05$

Индекс широкотелости также применим для оценки качества мяса птицы, так как он может указывать на количество жира и мышечной массы в тушке [14]. Чем выше значение индекса широкотелости, тем более развита мускулатура и кости у птицы, что обуславливается ее здоровьем и способностью к быстрому росту. Однако, следует отметить, что индекс широкотелости не является единственным показателем качества птицы и не должен использоваться в качестве главного критерия при выборе птицы для разведения или выращивания [15].

По индексу массивности петушки породы корниш с возраста 4 недель превосходили особей из других групп, что характерно для особей мясных пород. Однако к наступлению половозрелости, в возрасте 20 недель, особи второго поколения

сравнились или незначительно превышали родительскую форму к 24 неделям: не более, чем на 1,2%. По индексу широкотелости, особи второго поколения также показывали бóльшие значения в половозрелом возрасте при сравнении с родительскими формами мясного направления продуктивности. При этом достоверная разность между корнишами и помесями второго поколения была только в возрасте 6 недель. По полученным результатам можно охарактеризовать петушков F2 как здоровых и быстрорастущих особей с хорошо развитой мускулатурой, проявляющих эффект гетерозиса и являющихся перспективными для выращивания.

Однако, несмотря на различия, все поколения кур обладают рядом общих характеристик, таких как быстрый рост в первые месяцы жизни, интенсивное развитие мышечной массы и костной структуры.

Заключение

Исследование показало, что селекция кур может приводить к различным результатам в зависимости от целей разведения. Важно проводить мониторинг роста и развития кур в процессе селекции, чтобы избежать ухудшения показателей и сохранить желаемые характеристики.

Полученные данные свидетельствуют о том, что рост и развитие кур могут быть улучшены за счет использования современных технологий и методов селекции. Использование модельных форм может служить эффективным инструментом для улучшения роста и развития кур, так как высокие значения вариабельности фенотипических признаков являются хорошей предпосылкой для проведения генетического анализа с последующим выявлением локусов количественных признаков, ассоциированных с ростом и развитием на основе метода GWAS.

Список литературы

1. Буяров А.В., Буяров В.С., Комоликова И.В. Производство и переработка продукции птицеводства в современных экономических условиях: тренды и инновации // Вестник ОрелГАУ. 2023. № 3 (102). С. 133—143. doi: 10.17238/issn2587-666X.2023.3.133
2. Буяров В.С., Буяров А.В., Алдобаева Н.А. Научное обеспечение яичного и мясного птицеводства России // Эффективное животноводство. 2018. № 3. С. 64—68.
3. Mueller S., Taddei L., Albiker D., Kreuzer M., Siegrist M., Messikommer R.E., Gangnat I.D.M. Growth, carcass, and meat quality of 2 dual-purpose chickens and a layer hybrid grown for 67 or 84 D compared with slow-growing broilers // Journal of Applied Poultry Research. 2020. Vol. 29. № 1. Pp. 185—196. doi: 10.1016/j.japr.2019.10.005
4. Dadousis C., Somavilla A., Iliska J.J., Johnsson M., Batista L., Mellanby R.J., Headon D., Gottardo P., Whalen A., Wilson D., Dunn I.C., Gorjanc G., Kranis A., Hickey J.M. A genome-wide association analysis for body weight at 35 days measured on 137,343 broiler chickens // Genetics Selection Evolution. 2021. № 53. 70. doi: 10.1186/s12711-021-00663-w
5. Li F., Han H., Lei Q., Gao J., Liu J., Liu W., Zhou Y., Li H., Cao D. Genome-wide association study of body weight in Wenshang Barred chicken based on the SLAF-seq technology // Journal of Applied Genetics. 2018. Vol. 59. № 3. Pp. 305—312. doi: 10.1007/s13353-018-0452-7
6. Brandt M., Ahsan M., Honaker C.F., Siegel P.B., Carlborg Ö. Imputation-based fine-mapping suggests that Most QTL in an outbred chicken advanced intercross body weight line are due to multiple, linked loci // G3 (Bethesda). 2017. Vol. 7. № 1. Pp. 119—128. doi: 10.1534/g3.116.036012

7. Gu X., Feng C., Ma L., Song C., Wang Y., Da Y., Li H., Chen K., Ye S., Ge C., Hu X., Li N. Genome-wide association study of body weight in chicken F2 resource population // PLoS One. 2011. Vol. 6. № 7. e21872. doi: 10.1371/journal.pone.0021872

8. Дементьева Н.В., Митрофанова О.В., Ларкина Т.А. Генетическая изменчивость популяций кур разного направления продуктивности по SNPs в локусе, включающем ген миостатин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 231—235. doi: 10.37670/2073-0853-2020-84-4-231-234

9. Жучаев К.В., Сулимова Л.И., Кочнева М.Л., Савельев А.А., Новиков Е.А., Кондратюк Е.Ю., Лисунова Л.И. Реакция кур-несушек мясного кросса на хронический стресс в условиях разных технологий содержания // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 121—128. doi: 10.31043/2410-2733-2019-2-121-128

10. Sheng Z., Pettersson M.E., Hu X., Luo C., Qu H., Shu D., Shen X., Carlborg O., Li N. Genetic dissection of growth traits in a Chinese indigenous × commercial broiler chicken cross // BMC Genomics. 2013. Vol. 6. № 14. 151. doi: 10.1186/1471-2164-14-151

11. Lukanov H., Pavlova I. Morphological and morphometric characterization of Bulgarian local chicken breed // Journal of Agricultural Science and Technology. 2021. Vol. 13. № 2. Pp. 147—151. doi: 10.15547/ast.2021.02.024

12. Bhuiyan M., Ferdous A.J., Bhuiyan A.K.F.H., Hassin B., Ali M. Body conformation, morphometry indices and inheritance pattern of indigenous Dwarf chickens of Bangladesh // Journal of Poultry Research. 2019. Vol. 16. № 2. Pp. 55—61. doi: 10.34233/jpr.605051

13. Fajemilehin S.O.K. Discriminant analysis of sexual dimorphism in zoometrical characters of normal feathered Yoruba ecotype adult local chicken in the Tropical Forest Zone of Nigeria // Journal of Animal Science and Veterinary Medicine. 2017. Vol. 2. № 4. Pp. 139—144. doi: 10.31248/JASVM2017.060

14. Pirany N., Bakrani Balani A., Hassanpour H., Mehraban H. Differential expression of genes implicated in liver lipid metabolism in broiler chickens differing in weight // British Poultry Science. 2020. Vol. 61. № 1. Pp. 10—16. doi: 10.1080/00071668.2019.1680802

15. Kokoszyński D., Bernacki Z., Saleh M., Sęczny K., Binkowska M. Body conformation and internal organs characteristics of different commercial broiler lines // Brazilian Journal of Poultry Science. 2017. Vol. 19. № 1. Pp. 47—52. doi: 10.1590/1806-9061-2016-0262

Об авторах:

Ветох Анастасия Николаевна — научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Российская Федерация, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: anastezuua@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2865-5960 SPIN-код: 8184-9850

Джагаев Алан Юрьевич — аспирант, младший научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Российская Федерация, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: alan_dz@inbox.ru

ORCID: 0000-0001-7818-0142 SPIN-код: 6547-4151

Волкова Наталья Александровна — доктор биологических наук, профессор РАН, руководитель лаборатории клеточной инженерии, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Российская Федерация, 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60; e-mail: natavolkova@inbox.ru

ORCID: 0000-0001-7191-3550 SPIN-код: 7834-2875









DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-477-489

УДК 636.5.033

EDN CGWRPG

Научная статья / Research article

Оценка влияния природного органического вещества на химический состав тушки цыплят-бройлеров

Г.К. Дускаев  , О.В. Кван , Я.А. Сизенцов ,
М.Я. Курилкина , Б.С. Нуржанов 

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург, Российская Федерация

 gduskaev@mail.ru

Аннотация. Интенсивно развивающаяся отрасль птицеводства требует постоянного поиска новых методических подходов для увеличения не только количества, но и качества готовой продукции. На фоне запрета использования кормовых антибиотиков проводится все больше исследований, направленных на использование различных стимуляторов роста растительного происхождения. Проведен системный анализ влияния введения в корм ванилина в концентрациях 0,25 мг/кг основного рациона (I опытная группа), 0,50 мг/кг (II опытная группа) и 0,75 мг/кг (III опытная группа). Степень влияния оценивали посредством еженедельного взвешивания (живая масса), определения химического состава, а также макро- и эссенциальных элементов. Совокупность полученных экспериментальных данных показала, что наиболее выраженная положительная динамика наблюдается на фоне применения концентрации ванилина 0,25 мг/кг корма, так как на заключительном этапе средние показатели конечной массы тела в соответствующей группе превышали контрольные значения на 22,16 % ($p < 0,05$). Показатели химического состава свидетельствуют о максимальном уровне протеина и зольного остатка на фоне минимальных значений воды и жира в исследуемых биологических образцах. Исследуемые показатели элементного статуса также свидетельствуют о положительном влиянии данной концентрации на процент накопления с максимальными значениями содержания кальция, натрия и цинка. Результаты исследования позволяют с высокой долей уверенности рекомендовать ванилин в дозе 0,25 мг/кг основного рациона в качестве эффективной кормовой добавки.

Ключевые слова: ванилин, кросс Арбор Айкрес, эссенциальные элементы, живая масса, качество мяса

Вклад авторов: Авторы в равной степени внесли свой вклад в подготовке этого исследования и рукописи. Все авторы прочитали опубликованную версию рукописи и согласились с ней.

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

© Дускаев Г.К., Кван О.В., Сизенцов Я.А., Курилкина М.Я., Нуржанов Б.С., 2024



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


Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00036, <https://rscf.ru/project/22-16-00036>

История статьи: поступила в редакцию 18.04.2024; принята к печати 18.06.2024.

Для цитирования: Дускаев Г.К., Кван О.В., Сизенцов Я.А., Курилкина М.Я., Нуржанов Б.С. Оценка влияния природного органического вещества на химический состав тушки цыплят-бройлеров // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 477–489. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-477-489

Influence of natural organic matter on chemical composition of broiler chicken carcass

Galimzhan K. Duskaev  , Olga V. Kvan , Yaroslav A. Sizentsov ,
Marina Y. Kurilkina , Bayer S. Nurzhanov 

Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation
 gduskaev@mail.ru

Abstract. Intensively developing poultry industry requires a constant search for new methodological approaches to increase not only quantity, but also quality of finished products. Due to the ban on the use of feed antibiotics, more and more research has been carried out aimed at the use of various growth stimulants of plant origin. In our research, a systematic analysis of the effect of vanillin at concentrations of 0.25 mg/kg of the main diet (group 1), 0.50 mg/kg (group 2) and 0.75 mg/kg (group 3) was carried out. The degree of influence was assessed by means of weekly weighing (live weight), determination of chemical composition, macro- and essential elements. The experimental data obtained showed that of all the concentrations of vanillin used, the most pronounced positive dynamics was observed after the use of 0.25 mg/kg of feed, since at the final stage average indicators of the final body weight in this group exceeded the control values by 22.16% ($p < 0.05$). Indicators of chemical composition indicated the maximum level of protein and ash residue against the background of the minimum values of water and fat in the studied biological samples. The studied indicators of the elemental status also indicated a positive effect of this concentration on percentage of accumulation with the maximum values of calcium, sodium and zinc. Therefore, vanillin at a dose of 0.25 mg/kg of the main diet can be recommended as an effective feed additive.

Keywords: vanillin, Arbor Acres cross, essential elements, live weight, meat quality

Author contributions. All authors contributed equally to this manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-16-00036, <https://rscf.ru/project/22-16-00036>

Article history: Received: 18 April 2024. Accepted: 18 June 2024.

For citation: Duskaev GK, Kvan OV, Sizentsov YA, Kurilkina MY, Nurzhanov BS. Influence of natural organic matter on chemical composition of broiler chicken carcass. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):477–489. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-477-489

Введение

Раннее использование антибиотиков для стимулирования роста домашней птицы и управления микробиотой кишечника было нормой. Однако из-за опасений по поводу потенциального фатального воздействия на пищевых животных и косвенно на людей их использование в качестве кормовых добавок запрещено или регулируется в нескольких юрисдикциях [1].

В связи с выходом новых нормативных актов по контролю за качеством получаемой продукции, на птицефабриках все реже применяют различные стимулирующие препараты, при этом возникла потребность в замене их на более безопасные и обладающими схожими эффектами [2]. В настоящее время птицеводство является ведущим сектором животноводства, потребляющим кормовые добавки, опережая свиней, жвачных животных и представителей аквакультуры. Наряду с традиционно применяемыми в кормлении птиц балансирующими компонентами используют различные органические кислоты, эфирные масла [3], растительные метаболиты [4], лечебные травы, неперевариваемые волокна [5] и биологически активные соединения фитогенетики [6].

Фитохимические вещества обеспечивают четыре основных механизма стимуляции, такие как улучшение состава корма, вкусовые качества, наличие антимикробной активности и повышение анаболической активности [7].

Многие фенольные соединения, обнаруженные в пищевых продуктах и лекарственных растениях, продемонстрировали интересный терапевтический потенциал и привлекли внимание фармацевтической промышленности как многообещающие фармакологически активные соединения для укрепления здоровья и профилактики заболеваний [8]. Ванилин представляет собой фенольный альдегид и является вторым по популярности после шафрана ароматизатором, который широко используется в различных отраслях: в качестве пищевой добавки к продуктам питания и напиткам, маскирующего агента в фармацевтических препаратах и др. [9]. Ванилин получают путем естественной экстракции [10], химического синтеза или технологии культуры тканей, а также путем микробного синтеза [11, 12]. Ванилин обладает несколькими полезными свойствами для здоровья человека и животных, такими как антиоксидантная активность, в дополнение к противовоспалительным, антимуtagenным, антиметастатическим и антидепрессивным свойствам [13].

Ванилин активно исследуют в качестве фитохимического вещества с выраженным биологическим действием. В частности установлено, что ванилин усиливает регенерацию печени в модели повреждения ее, вызванного тиаоацетамидом [14], обладает мощным сосудорасширяющим эффектом [15], снижает гибель нейронов гиппокампа в крысиных моделях глобальной церебральной ишемии и улучшает двигательную функцию у мышей после ишемии и реперфузии [16], оказывает нейропротекторное действие при множественных неврологических расстройствах и нейропатологических состояниях [13, 17], оказывает обезболивающее и противовоспалительное действие в широком диапазоне моделей воспаления у мышей, а его механизмы действия включают антиоксидантные эффекты и связанное с транскрипционно ядерным фактором ингибирование продукции провоспалитель-

ных цитокинов [18], значительно увеличивает экспрессию арилуглеводородного рецептора (AhR), а ингибирование AhR его агонистом может обратить вспять защитное действие ванилина на индуцированное кадмием повреждение легких [19]. В современной литературе представлены данные, свидетельствующие о высоком потенциале использования ванилина в качестве ингибиторов патогенных и условно патогенных микроорганизмов. Так, например, ванилин и его производное (4-((E)-(4-гидрокси-2-метилфенилимино) метил)-2-метоксифенол (ММФ)) продемонстрировали явное ингибирование виолацеина и пиоцианина при субингибирующих концентрациях, что указывает на наличие анти-Quorum sensing (QS) эффекте обоих соединений. ММФ был способен ингибировать образование биопленки *Pseudomonas aeruginosa* при 125 мкг/мл ($p < 0,05$), в то время как ванилин при 250 мкг/мл ($p < 0,05$), что указывает на активность данных соединений в отношении биопленкообразования [20]. Также экспериментально установлена в отношении *Staphylococcus epidermidis* анти-QS активность ванилина, снижающего до 80 % уровень образования биопленки [21].

В области птицеводства ванилин используется в качестве кормовой добавки (фитобиотический препарат) как в чистом виде, так и в составе комбинированных соединений. Установлено, что данная добавка стимулирует ключевые иммунные клетки, делая их более функционально эффективными, и действует как иммуномодулятор для усиления неэффективной и неразвитой иммунной системы молодых цыплят [2], а также уменьшает воспаление, улучшает экспрессию белков плотных контактов и барьерную функцию кишечника и, таким образом, повышает эффективность корма [22].

Цель исследования — оценить степень влияния различных концентраций ванилина, применяемого в качестве кормовой добавки к стартовому и ростовому рациону, на степень усвоения физиологически значимых элементов в теле цыплят бройлеров.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены на 100 головах семидневных цыплят-бройлеров (кросс Арбор Айкрес), разделенных на 4 группы с $n = 25$ каждая (табл. 1). Кормление и поение птицы осуществлялось групповым методом согласно рекомендациям ВНИТИП.

Таблица 1

Схема эксперимента

Группа цыплят-бройлеров	Основной рацион	Ванилин в концентрации, мг/кг		
		0,25	0,50	0,75
Контрольная	+			
I опытная	+	+		
II опытная	+		+	
III опытная	+			+

Методы исследования	
Определение динамики массы тела	Контроль массы тела проводили еженедельно путем индивидуального взвешивания утром, перед кормлением (± 1 г) в течение контрольного периода (35 дней)
Определение химического состава (мяса и мясопродуктов)	Анализ химического состава мяса и мясопродуктов проводился по стандартизированным методикам в независимой аккредитованном Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН (ГОСТ 51479–99. Метод определения массовой доли влаги, ГОСТ 23042–86. Методы определения жира, ГОСТ 25011–81. Методы определения белка, ГОСТ Р 53642–2009. Метод определения массовой доли золы)
Определение элементного состава (кормов, мяса цыплят-бройлеров, субпродуктов)	Использовали метод атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на оборудовании Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США)
Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов и Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были приняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов	

Статистическая обработка. Результаты, полученные в исследованиях, обрабатывали с помощью программного комплекса Statistica 12.0 (Stat Soft Inc., США). Для статистического анализа использовали параметрический *t*-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и обсуждение

В экспериментальных исследованиях мы проводили комплексную оценку влияния различных концентраций ванилина на степень минерализации. Для реализации поставленной цели определяли химический состав туш (рис. 1), динамику роста (рис. 2) и содержание макро (табл. 2) и эссенциальных элементов (табл. 3) в тканях.

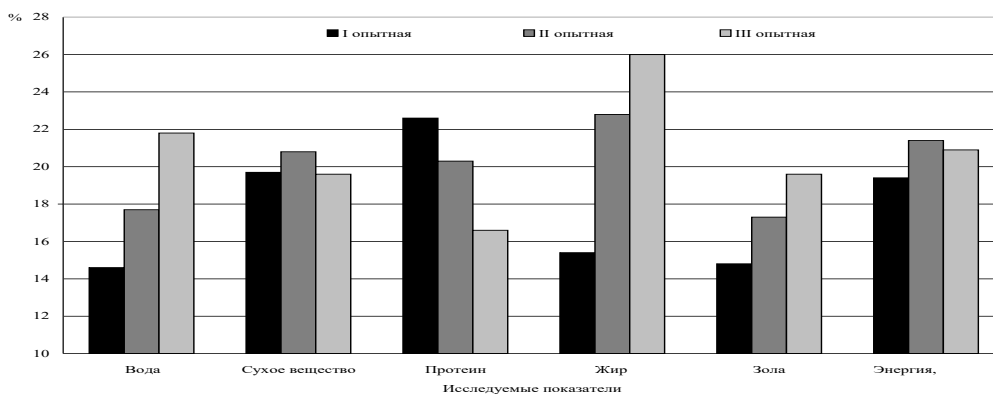


Рис. 1. Динамика изменения химического состава туш цыплят-бройлеров по отношению к интактной группе

Источник: выполнено Г.К. Дускаевым, О.В. Кван, Я.А. Сизенцовым, М.Я. Курилкиной, Б.С. Нуржановым с помощью программы Excel

Полученные данные (см. рис. 1) свидетельствуют о существенном влиянии тестируемых концентраций ванилина на химический состав туш цыплят-бройлеров, так как все исследуемые показатели значительно превышали аналогичные значения интактной группы. Следует отметить, что содержание воды, жира и золы напрямую зависит от концентрации вводимого в рацион ванилина ($p \leq 0,05$ в 1 и 3 группе), в то время как в отношении протеина установлена обратная зависимость, обусловленная снижением данного показателя на фоне увеличения концентрации ванилина в рационе. Максимальные показатели сухого вещества и энергии установлены в группе с добавлением ванилина в концентрации 0,50 мг/кг корма и превышали контрольные значения на 20,8% ($p \leq 0,05$) и 21,4% ($p \leq 0,05$) соответственно. Ванилин в концентрации 0,75 мг/кг основного рациона существенно снижает уровень протеина по отношению к другим опытным группам и превышает значения контроля на 16,6% ($p \leq 0,05$) против 22,6% ($p \leq 0,05$) и 20,3% ($p \leq 0,05$) в первой и второй экспериментальных группах. Противоположные данные получили зарубежные ученые в исследованиях по скормливанию смеси эфирных масел (тимола и ванилина), что приводило к снижению содержания внутримышечного жира у цыплят и общему улучшению профиля жирных кислот. Более того, пищевые добавки с эфирными маслами снижали окисление липидов в приготовленном мясе, в то время как наблюдались незначительные изменения цвета и липидной стабильности, а также микробной нагрузки в сыром мясе [23].

Исследование динамических показателей роста цыплят-бройлеров (рис. 2) свидетельствует о выраженном влиянии всех тестируемых концентраций на интенсивность роста по отношению к аналогичному показателю интактной группы.

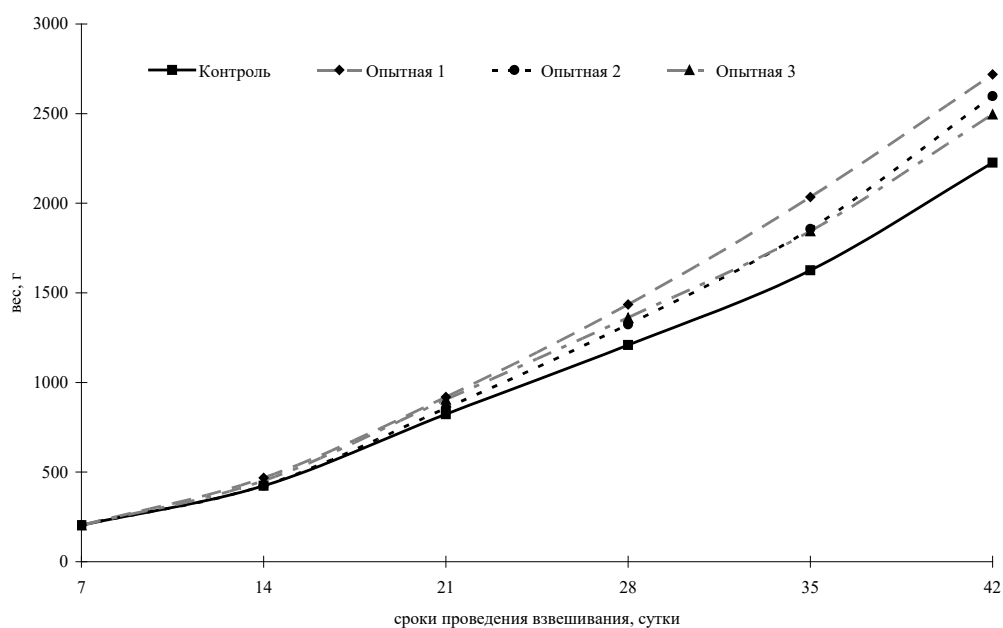


Рис. 2. Динамика роста цыплят-бройлеров

Источник: выполнено Г.К. Дускаевым, О.В. Кван, Я.А. Сизенцовым, М.Я. Курилкиной, Б.С. Нуржановым с помощью программы Excel

Представленные на графике (см. рис. 2) данные свидетельствуют о том, что максимальные показатели роста регистрируются в группе с использованием 0,25 мг ванилина/кг корма основного рациона начиная с 28 дня эксперимента, с положительной динамикой роста до завершения эксперимента ($p \leq 0,05$) по отношению к интактной группе. На заключительном этапе средние показатели конечной массы тела превышали контрольные значения на 22,16 % ($p \leq 0,05$) в первой, 16,71 % ($p \leq 0,05$) во второй и 12,14 % в третьей опытных группах. Обобщая полученные данные с результатами, приведенными на рис. 1, можно констатировать, что введение ванилина в дозе 0,25 мг/кг стимулирует увеличение мышечной массы. Схожие данные были получены Краузе М. и соавторами, так цыплята, получавшие масло корицы в количестве 0,25 мл/л, имели лучшие показатели роста, что было связано с благотворным влиянием препарата на микробиом тонкой кишки, обмен веществ [24]. Наши результаты также согласуются с исследованием, где обнаружено, что при кормлении рационом с ванилиновой кислотой (группа I и II) наблюдалось увеличение живой массы на протяжении всего эксперимента и значительное увеличение в конце эксперимента (на 8,2...8,5 %; $p \leq 0,05$) по сравнению с контрольной группой [25].

Анализ влияния ванилина на элементный состав включал определение ключевых макроэлементов (кальций, калий, магний, натрий) (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о высокой степени усвоения кальция в первой и второй опытных группах во всех исследуемых образцах с максимальным уровнем накопления на фоне применения добавки 0,25 мг ванилина/кг корма: на 13,48 % в грудной мышце ($p \leq 0,05$), 16,94 % — бедренной мышце ($p \leq 0,05$) и 10,50 % — печени ($p \leq 0,05$) по отношению к контрольным показателям.

Таблица 2

Сравнительный анализ влияния различных концентраций ванилина на содержания макроэлементов в тканях экспериментальной птицы и баланс усвоения из корма

Объекты исследования	Исследуемые элементы			
	Ca	K	Mg	Na
Показатели контрольной группы				
Грудная мышца	0,178 ± 0,0041	10,965 ± 0,2554	0,894 ± 0,0208	1,371 ± 0,0319
Бедренная мышца	0,183 ± 0,0017	10,144 ± 0,0926	0,775 ± 0,0071	1,994 ± 0,0182
Печень	0,200 ± 0,0018	0,200 ± 0,0018	0,620 ± 0,0057	2,604 ± 0,0238
Корм	8,682 ± 0,0424	5,647 ± 0,027	1,530 ± 0,0075	2,661 ± 0,0130
Помет	30,563 ± 0,1491	19,128 ± 0,0933	6,160 ± 0,0301	4,338 ± 0,0212
Баланс поступления	0,462 ± 0,0279	0,669 ± 0,0404	-0,298 ± 0,0180	2,606 ± 0,1574
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,25 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,202 ± 0,0030*	12,686 ± 0,1867*	0,982 ± 0,0145*	1,912 ± 0,0281*
Бедренная мышца	0,214 ± 0,0031*	9,404 ± 0,1384*	0,715 ± 0,0105*	2,167 ± 0,0319*
Печень	0,221 ± 0,0032*	0,221 ± 0,0032*	0,773 ± 0,0114*	3,131 ± 0,0461*
Корм	8,682 ± 0,0808	5,647 ± 0,0526	1,530 ± 0,0142	2,661 ± 0,0248
Помет	24,508 ± 0,2282*	19,873 ± 0,1850*	5,951 ± 0,0554*	6,908 ± 0,0643*
Баланс поступления	3,436 ± 0,1059*	0,176 ± 0,0054*	-0,250 ± 0,0077*	1,370 ± 0,0422*
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,50 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,195 ± 0,0033*	13,381 ± 0,2252*	1,075 ± 0,0181*	1,627 ± 0,0274*

Объекты исследования	Исследуемые элементы			
	Ca	K	Mg	Na
Бедренная мышца	0,207 ± 0,0035*	9,496 ± 0,1598*	0,750 ± 0,0126	1,738 ± 0,0293*
Печень	0,210 ± 0,0035*	0,210 ± 0,0035*	0,718 ± 0,0121*	2,975 ± 0,0501*
Корм	8,682 ± 0,0781	5,647 ± 0,0508	1,530 ± 0,0138	2,661 ± 0,0239
Помет	24,228 ± 0,2180*	20,488 ± 0,1843*	6,433 ± 0,0579*	6,431 ± 0,0579*
Баланс поступления	6,798 ± 0,3347*	2,203 ± 0,1085*	0,182 ± 0,0090*	2,552 ± 0,1256
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,75 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,169 ± 0,0022	12,105 ± 0,1563*	0,958 ± 0,0124*	1,572 ± 0,0203*
Бедренная мышца	0,187 ± 0,0024	8,354 ± 0,1079*	0,630 ± 0,0081*	1,706 ± 0,0220*
Печень	0,219 ± 0,0028*	0,219 ± 0,0028*	0,668 ± 0,0086*	3,495 ± 0,0451*
Корм	8,682 ± 0,0599	5,647 ± 0,0390	1,530 ± 0,0106	2,661 ± 0,0184
Помет	21,112 ± 0,1457*	19,108 ± 0,1319	6,148 ± 0,0424	6,585 ± 0,0454*
Баланс поступления	6,716 ± 0,5520*	1,938 ± 0,1593*	0,086 ± 0,0071*	2,008 ± 0,1651*

Примечание. * – $p \leq 0,05$.

Концентрация калия в печени и грудных мышцах возросла относительно контроля на 15,70 % в первой ($p \leq 0,05$), 22,03 % во второй ($p \leq 0,05$) и 10,40 % в третьей ($p \leq 0,05$) опытных группах, однако следует отметить отрицательный уровень накопления калия в бедренной мышце в экспериментальных группах на 7,30 % ($p \leq 0,05$), 6,39 % ($p \leq 0,05$) и 17,65 % ($p \leq 0,05$).

Уровень распределения магния в исследуемых образцах имеет схожую с калием зависимость, обусловленную более высокими показателями накопления в грудной мышце опытных группах на 9,84 % ($p \leq 0,05$), 20,25 % ($p \leq 0,05$) и 7,16 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения данного элемента в бедренной мышце на 7,74 % ($p \leq 0,05$), 3,23 и 18,71 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Степень распределения натрия в тканях имеет общую тенденцию с кальцием с максимальным уровнем накопления в первой опытной группе на 39,46 % в грудной ($p \leq 0,05$) и 8,68 % в бедренных мышцах ($p \leq 0,05$). Во второй и третьей группах содержание натрия демонстрировало увеличение содержания в грудной мышце на 18,67 % ($p \leq 0,05$) и 14,66 % ($p \leq 0,05$), на фоне снижения в бедренной мышце на 12,84 % ($p \leq 0,05$) и 14,44 % ($p \leq 0,05$) по отношению к показателям интактной группы соответственно.

Обобщая результаты влияния различных концентраций ванилина, используемого в качестве кормовой добавки, на уровень содержания макроэлементов в биологических образцах, следует отметить, что наиболее высокие показатели накопления двух из четырех элементов регистрируются в группе с применением 0,25 мг ванилина/кг корма. Несмотря на то, что концентрация калия и магния в данной группе была ниже показателей второй группы, все же превышала суммарные значения у интактной группы на 4,70 и 7,91 % соответственно.

Анализ распределения эссенциальных элементов (железо, медь, цинк, марганец (табл. 3) свидетельствует о значительном влиянии ванилина на степень их усвоения. Ранее сообщалось о похожих результатах, согласно которым включение в рацион 1 % базилика способствовало повышению в мясе цинка на 13,48 %, а в образцах с тимьяном и шалфеем — на 7,81 и 7,59 % относительно контроля. В бедренной части бройлеров также отмечалось незначительное повышение концентрации железа [26].

Сравнительный анализ влияния различных концентраций ванилина на содержание эссенциальных элементов в тканях экспериментальной птицы и баланс усвоения из корма

Объекты исследования	Исследуемые элементы			
	Fe	Cu	Zn	Mn
Показатели контрольной группы				
Грудная мышца	0,292 ± 0,0068	1,187 ± 0,0276	15,371 ± 0,3579	0,735 ± 0,0171
Бедренная мышца	0,319 ± 0,0029	1,709 ± 0,0156	35,004 ± 0,3195	1,594 ± 0,0146
Печень	1,033 ± 0,0094	11,428 ± 0,1043	90,057 ± 0,8221	9,663 ± 0,0882
Корм	6,043 ± 0,0295	19,416 ± 0,0947	71,066 ± 0,3468	112,066 ± 0,5468
Помет	11,834 ± 0,0577	67,716 ± 0,3304	448,610 ± 2,1890	484,266 ± 2,3630
Баланс поступления	4,946 ± 0,2987	1,345 ± 0,0812	-93,423 ± 5,6420	-38,004 ± 2,2952
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,25 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,260 ± 0,0038*	1,487 ± 0,0219*	18,941 ± 0,2788*	0,734 ± 0,0108
Бедренная мышца	0,196 ± 0,0029*	1,592 ± 0,0234*	48,676 ± 0,7165*	0,799 ± 0,0118*
Печень	1,187 ± 0,0175*	12,226 ± 0,1800*	88,370 ± 1,3008	11,505 ± 0,1693*
Корм	6,043 ± 0,0563	19,416 ± 0,1808	71,066 ± 0,6616	112,066 ± 1,0433
Помет	9,234 ± 0,0860*	70,908 ± 0,6601*	798,243 ± 7,4312*	488,975 ± 4,5521
Баланс поступления	6,490 ± 0,1999*	-0,745 ± 0,0230*	-284,835 ± 8,776*	-46,043 ± 1,4187*
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,50 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,475 ± 0,0080*	1,401 ± 0,0236*	15,488 ± 0,2607	0,922 ± 0,0155*
Бедренная мышца	0,224 ± 0,0038*	1,862 ± 0,0313*	39,135 ± 0,6587*	1,012 ± 0,0170*
Печень	1,382 ± 0,0233*	10,447 ± 0,1758*	85,232 ± 1,4347*	9,968 ± 0,1678
Корм	6,043 ± 0,0544	19,416 ± 0,1747	71,066 ± 0,6394	112,066 ± 1,0083
Помет	12,883 ± 0,1159*	80,522 ± 0,7245*	478,905 ± 4,3089*	538,816 ± 4,8479*
Баланс поступления	6,601 ± 0,3250*	2,842 ± 0,1399*	-76,046 ± 3,7437*	-18,358 ± 0,9037*
Показатели опытной группы с добавлением ванилина 0,75 мг/кг корма				
Грудная мышца	0,381 ± 0,0049*	2,167 ± 0,0280*	16,485 ± 0,2128*	0,966 ± 0,0125*
Бедренная мышца	0,306 ± 0,0040*	1,804 ± 0,0233*	36,919 ± 0,4766*	1,055 ± 0,0136*
Печень	0,944 ± 0,0122*	11,057 ± 0,1427	78,573 ± 1,0144*	9,938 ± 0,1283
Корм	6,043 ± 0,0417	19,416 ± 0,1340	71,066 ± 0,4904	112,066 ± 0,7733
Помет	12,366 ± 0,0853*	75,316 ± 0,5197*	518,861 ± 3,5805*	500,293 ± 3,4523*
Баланс поступления	5,729 ± 0,4709	2,314 ± 0,1905*	-101,497 ± 8,3418	-16,300 ± 1,3407*

Примечание. *— $p \leq 0,05$.

Следует отметить, что максимальные концентрации всех исследуемых элементов регистрировались в тканях печени, в разы превышая уровень накопления в грудной и бедренной мышцах.

Уровень распределения железа в исследуемых образцах свидетельствует о неоднозначном влиянии различных концентраций ванилина на степень накопления данного элемента. Во всех тестируемых группах регистрируется снижение Fe в бедренной мышце: на 38,56 % в первой ($p \leq 0,05$), 29,78 % — второй ($p \leq 0,05$) и 4,08 % — третьей ($p \leq 0,05$) группах относительно контроля. Степень фиксации данного элемента в грудной мышце имела отрицательные значения накопления при концентрации ванилина в дозе 0,25 мг/кг корма на 32,88 % ($p \leq 0,05$) в сравнении с показателями интактных цыплят. При увеличении дозы ванилина до 0,50 мг/кг

концентрация железа в грудной мышце имела максимальные показатели и превышала контрольные на 62,67 % ($p \leq 0,05$).

Содержание меди в исследуемых образцах также свидетельствует о значительном влиянии ванилина в концентрации 0,50 мг/кг и 0,75 мг/кг корма на степень накопления данного элемента в тканях, так максимальный уровень Cu в грудной мышце регистрировался в третьей опытной группе и составил в среднем 2,167 мг/кг, что на 82,56 % выше показателя интактной группы.

Максимальные показатели содержания цинка в исследуемых образцах регистрировались в первой опытной группе с увеличением концентрации на 23,23 % в грудной ($p \leq 0,05$) и 39,06 % бедренной ($p \leq 0,05$) мышцах, по отношению к контролю. Концентрации ванилина 0,50 мг/кг и 0,75 мг/кг корма так же оказывают положительное влияние на степень накопления цинка в грудной и бедренной мышцах, превышая контрольные значения на 0,76 и 11,80 % ($p \leq 0,05$) во второй и 7,25 % ($p \leq 0,05$) и 5,47 % ($p \leq 0,05$) в третьей группах соответственно.

Анализ содержания марганца в исследуемых образцах всех тестируемых групп свидетельствует о влиянии ванилина в концентрациях 0,50 и 0,75 мг/кг корма на накопление данного элемента в грудной мышце на 25,44 % ($p \leq 0,05$) и 31,43 % ($p \leq 0,05$) по отношению к контрольным значениям, в первой опытной группе данный показатель имел практически идентичные со значениями интактной группы. В бедренной мышце уровень содержания марганца имел отрицательные по отношению к контролю значения на 49,88 % в первой ($p \leq 0,05$), 36,51 % — второй ($p \leq 0,05$) и 33,81 % — третьей ($p \leq 0,05$) группах. Ранее в исследованиях было обнаружено, что совместное включение пробиотика *Bacillus cereus* и кумарина в рацион птиц способствовало увеличению содержания большего количества химических элементов в печени (Ca, K, Mg, Mn, Si и Zn) и грудных мышцах (Ca, Na, Co, Cu, Fe, Mn, Ni и Zn) [27], что также может быть связано со способностью фитохимических веществ проявлять синергизм [28, 29].

Обобщая результаты влияния ванилина на уровень накопления эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров, следует отметить выраженную стимуляцию механизмов биосорбции цинка во всех экспериментальных группах с максимальным уровнем на фоне 0,25 мг ванилина на 1 кг корма. Распределение остальных элементов не имеет общей тенденции в увеличению или снижению во всех исследуемых тканях, однако следует отметить, что минимальная концентрация ванилина отрицательно влияет на уровень накопления марганца, о чем свидетельствует не только снижение уровня данного элемента в мышечной ткани, но и максимальные значения отрицательного баланса поступления Mn в организм.

Заключение

Проведенный анализ эффективности использования ванилина в качестве кормовой добавки свидетельствует о высоком потенциале его использования в качестве фитогенного стимулятора роста. Исследуемые в ходе реализации эксперимента концентрации ванилина оказывают выраженное действие как на показатели ро-

ста, так и на химический состав. Максимальные динамические показатели роста и качественные характеристики химического состава установлены на фоне применения 0,25 мг ванилина на 1 кг основного рациона. Так предубойная масса тела в данной группе имела максимальные значения, среди опытных групп и превышала контрольные значения на 22,16 % ($p \leq 0,05$), против 16,71 % ($p \leq 0,05$) во второй и 12,14 % в третьей группах. Анализ химического состава также свидетельствует о благотворном влиянии минимальной тестируемой дозы ванилина на организм цыплят-бройлеров. Так на фоне минимальных показателей воды и жира в туше регистрируются максимальные концентрации протеина и зольного остатка.

Исследование уровня накопления макро- и эссенциальных элементов также позволяет с высокой долей уверенности говорить о том, что минимальная концентрация ванилина наиболее благотворно влияет на степень накопления большинства из исследуемых элементов с максимальным уровнем содержания кальция, натрия и цинка в мышечной ткани.

Список литературы

1. Yausheva E, Kosyan D, Duskaev G, Kvan O, Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2019;9(4):4168—4171. doi: 10.33263/BRIAC94.168171
2. Swaggerty CL, He H, Genovese KJ, Callaway TR, Kogut MH, Piva A, et al. A microencapsulated feed additive containing organic acids, thymol, and vanillin increases in vitro functional activity of peripheral blood leukocytes from broiler chicks. *Poult Sci*. 2020;99(7):3428—3436. doi: 10.1016/j.psj.2020.03.031
3. Al-Mnaser A, Dakheel M, Alkandari F, Woodward M. Polyphenolic phytochemicals as natural feed additives to control bacterial pathogens in the chicken gut. *Arch Microbiol*. 2022;204(5):253. doi: 10.1007/s00203-022-02862-5
4. Gessner DK, Ringseis R, Eder K. Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2017;101(4):605—628. doi: 10.1111/jpn.12579
5. Micciche AC, Foley SL, Pavlidis HO, McIntyre DR, Ricke SC. A Review of prebiotics against Salmonella in poultry: current and future potential for microbiome research applications. *Front Vet Sci*. 2018;5:191. doi: 10.3389/fvets.2018.00191
6. Latek U, Chłopecka M, Karlik W, Mendel M. Phytogetic compounds for enhancing intestinal barrier function in poultry — a review. *Planta Med*. 2022;88(03–04):218—236. doi: 10.1055/a-1524-0358
7. Valenzuela-Grijalva NV, Pinelli-Saavedra A, Muhlia-Almazan A, Domínguez-Díaz D, González-Ríos H. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *J Anim Sci Technol*. 2017;59:8. doi: 10.1186/s40781-017-0133-9
8. Bezerra-Filho CSM, Barboza JN, Souza MTS, Sabry P, Ismail NSM, de Sousa DP. Therapeutic Potential of Vanillin and its Main Metabolites to Regulate the Inflammatory Response and Oxidative Stress. *Mini Rev Med Chem*. 2019;19(20):1681—1693. doi: 10.2174/1389557519666190312164355
9. Banerjee G, Chattopadhyay P. Vanillin biotechnology: the perspectives and future. *J Sci Food Agric*. 2019;99(2):499—506. doi: 10.1002/jsfa.9303
10. de Oliveira RT, da Silva Oliveira JP, Macedo AF. Vanilla beyond *Vanilla planifolia* and *Vanilla × tahitensis*: Taxonomy and Historical Notes, Reproductive Biology, and Metabolites. *Plants*. 2022;11(23):3311. doi: 10.3390/plants1123311
11. Ma Q, Liu L, Zhao S, Huang Z, Li C, Jiang S, et al. Biosynthesis of vanillin by different microorganisms: a review. *World J Microbiol Biotechnol*. 2022;38:40. doi: 10.1007/s11274-022-03228-1
12. Kundu A. Vanillin biosynthetic pathways in plants. *Planta*. 2017;245:1069—1078. doi: 10.1007/s00425-017-2684-x

13. Iannuzzi C, Liccardo M, Sirangelo I. Overview of the Role of Vanillin in Neurodegenerative Diseases and Neuropathophysiological Conditions. *Int J Mol Sci.* 2023;24(3):1817. doi: 10.3390/ijms24031817
14. Ghanim AMH, Younis NS, Metwaly HA. Vanillin augments liver regeneration effectively in Thioacetamide induced liver fibrosis rat model. *Life Sci.* 2021;286:120036. doi: 10.1016/j.lfs.2021.120036
15. Choi S, Haam CE, Oh EY, Byeon S, Choi SK, Lee YH. Vanillin induces relaxation in rat mesenteric resistance arteries by inhibiting extracellular Ca²⁺ Influx. *Molecules.* 2023;28(1):288. doi: 10.3390/molecules28010288
16. Wang P, Li C, Liao G, Huang Y, Lv X, Liu X, et al. Vanillin attenuates proinflammatory factors in a tMCAO mouse model via inhibition of TLR4/NF-κB signaling pathway. *Neuroscience.* 2022;491:65–74. doi: 10.1016/j.neuroscience.2022.03.003
17. Salau VF, Erukainure OL, Ibeji CU, Olasehinde TA, Koorbanally NA, Islam MS. Vanillin and vanillic acid modulate antioxidant defense system via amelioration of metabolic complications linked to Fe²⁺-induced brain tissues damage. *Metab Brain Dis.* 2020;35(5):727–738. doi: 10.1007/s11011-020-00545-y
18. Calixto-Campos C, Carvalho TT, Hohmann MS, Pinho-Ribeiro FA, Fattori V, Manchope MF, et al. Vanillic Acid inhibits inflammatory pain by inhibiting neutrophil recruitment, oxidative stress, cytokine production, and NFκB activation in mice. *J Nat Prod.* 2015;78(8):1799–1808. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00246
19. Liu X, Yang J, Li J, Xu C, Jiang W. Vanillin attenuates cadmium-induced lung injury through inhibition of inflammation and lung barrier dysfunction through activating Ah R. *Inflammation.* 2021;44(6):2193–2202. doi: 10.1007/s10753-021-01492-1
20. Shastry RP, Ghate SD, Sukesh Kumar B, Srinath BS, Kumar V. Vanillin derivative inhibits quorum sensing and biofilm formation in *Pseudomonas aeruginosa*: a study in a *Caenorhabditis elegans* infection model. *Nat Prod Res.* 2022;36(6):1610–1615. doi: 10.1080/14786419.2021.1887866
21. Minich A, Levarski Z, Mikulášová M, Straka M, Liptáková A, Stuchlík S. Complex analysis of vanillin and syringic acid as natural antimicrobial agents against *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *Int J Mol Sci.* 2022;23(3):1816. doi: 10.3390/ijms23031816
22. Bialkowski S, Toschi A, Yu LE, Schlitzkus L, Mann P, Grilli E, et al. Effects of microencapsulated blend of organic acids and botanicals on growth performance, intestinal barrier function, inflammatory cytokines, and endocannabinoid system gene expression in broiler chickens. *Poult Sci.* 2023;102(3):102460. doi: 10.1016/j.psj.2022.102460
23. Stamilla A, Russo N, Messina A, Spadaro C, Natalello A, Caggia C, et al. Effects of microencapsulated blend of organic acids and essential oils as a feed additive on quality of chicken breast meat. *Animals.* 2020;10(4):640. doi: 10.3390/ani10040640
24. Krauze M, Cendrowska-Pinkosz M, Matusievičius P, Stępniewska A, Jurczak P, Ognik K. The effect of administration of a phytobiotic containing cinnamon oil and citric acid on the metabolism, immunity, and growth performance of broiler chickens. *Animals.* 2021;11(2):399. doi: 10.3390/ani11020399
25. Duskaev G, Kurilkina M, Zavyalov O. Growth-stimulating and antioxidant effects of vanillic acid on healthy broiler chickens. *Vet World.* 2023;16(3):518–525. doi: 10.14202/vetworld.2023.518-525
26. Vlaicu PA, Untea AE, Turcu RP, Saracila M, Panaite TD, Cornescu GM. Nutritional composition and bioactive compounds of basil, thyme and sage plant additives and their functionality on broiler thigh meat quality. *Foods.* 2022;11(8):1105. doi: 10.3390/foods11081105
27. Duskaev G, Rakhmatullin S, Kvan O. Effects of *Bacillus cereus* and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers. *Veterinary World.* 2020;13(11):2484–2492. doi: 10.14202/VETWORLD.2020.2484-2492
28. 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
29. Inchagova KS, Duskaev GK, Deryabin DG. Quorum sensing inhibition in *Chromobacterium violaceum* by amikacin combination with activated charcoal or small plant-derived molecules (pyrogallol and coumarin). *Microbiology.* 2019;88:63–71. doi: 10.1134/S0026261719010132

Об авторах:

Дускаев Галимжан Калиханович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: gduskaev@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9015-8367 SPIN-код: 7297-3319

Кван Ольга Вилориевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: kwan111@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0561-7002 SPIN-код: 1106-1232

Сизенцов Ярослав Алексеевич — аспирант 1 года обучения, лаборант исследователь отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: yasizen@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1871-0225 SPIN-код: 5160-2547

Курилкина Марина Яковлевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: k_marina4@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0253-7867 SPIN-код: 8964-6042

Нуржанов Баер Серекпаевич — доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29; e-mail: baer.nurzhanov@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3240-6112 SPIN-код: 2532-5211



Генетика и селекция животных Genetics and selection of animals

DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-490-496

УДК 636.082/12.04

EDN CIAUPL

Научная статья / Research article

Убойные качества молодняка овец в зависимости от генотипа


Ю.А. Юлдашбаев¹  , В.И. Косилов² Е.А. Никонова² , Т.А. Седых³ , О.А. Быкова⁴ 

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,
г. Москва, Российская Федерация

²Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

³Башкирский государственный педагогический университет, г. Уфа, Российская Федерация

⁴Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

 yuldashbaev@rgau-msha.ru

Аннотация. Рассмотрены материалы по изучению влияния эффекта скрещивания романовской и эдильбаевской пород овец на основные показатели убоя. В качестве объекта изучения были использованы валушки романовской породы (I группа), ее помеси с эдильбаевской породой первого поколения ($\frac{1}{2}$ романовская \times эдильбаевская — II группа) и второго поколения ($\frac{1}{4}$ романовская \times $\frac{3}{4}$ эдильбаевская — III группа). Установлено проявление эффекта скрещивания по убойным качествам у помесного молодняка. При этом валушки I группы уступали помесным сверстникам II и III групп по величине коэффициента полноты туши K_1 соответственно на 3,40 и 4,48 %, уровню коэффициента выполненности бедра — на 6,80 и 7,82 %. В то же время помеси II и III групп превосходили чистопородным валушков I группы по предубойной живой массе на 11,18 и 13,32 кг, массе парной туши — на 6,03 и 7,56 кг, выходу туши — на 1,63 и 2,62 %, убойной массе — на 6,16 и 8,00 кг, убойному выходу — на 1,57 и 2,71 %. Преимущество по изучаемым показателям убоя было на стороне помесей второго поколения III опытной группы.

© Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Никонова Е.А., Седых Т.А., Быкова О.А., 2024



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

Ключевые слова: овцеводство, чистопородные овцы, романовская порода, помеси с эдильбаевской, валушки, предубойная масса, свежая туша, промеры, коэффициенты туши

Вклад авторов: Юлдашбаев Ю.А. — научное руководство; Косилов В.И. — подготовка программы и организация исследования; Никонова Е.А. — выполнение экспериментальной части; Седых Т.А. — статистическая обработка материала; Быкова О.А. — описание и интерпретация полученных результатов.

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

История статьи: поступила в редакцию 18 апреля 2024 г.; принята к публикации 15 мая 2024 г.

Для цитирования: Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Никонова Е.А., Седых Т.А., Быкова О.А. Убойные качества молодняка овец в зависимости от генотипа // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 490—496. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-490-496

Slaughter qualities of young sheep depending on genotype

Yusupzhan A. Yuldashbaev¹✉, Vladimir I. Kosilov²,
Elena A. Nikonova², Tatyana A. Sedykh³, Olga A. Bykova⁴

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

²Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation

³Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russian Federation

⁴Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation

✉ yuldashbaev@rgau-msha.ru

Abstract. Influence of the effect of crossing the Romanov and Edilbay sheep breeds on the main indicators of slaughter was studied. As the object of study, we used the Romanov breed (I group), its crosses with the Edilbay breed of the first generation ($\frac{1}{2}$ Romanov \times Edilbay — II group) and the second generation ($\frac{1}{4}$ Romanov \times $\frac{3}{4}$ Edilbay — III group). The effect of crossing in terms of slaughter qualities in crossbred young animals was established. At the same time, wethers of group I were inferior to crossbred peers of groups II and III in terms of the carcass fullness coefficient K_1 by 3.40 and 4.48 %, respectively, and the level of thigh completion coefficient — by 6.80 and 7.82 %, respectively. Crossbreeds of groups II and III were superior to purebred wethers of group I in pre-slaughter live weight by 11.18 kg and 13.32 kg, fresh carcass weight — by 6.03 kg and 7.56 kg, carcass yield — by 1.63 and 2.62 %, slaughter weight — by 6.16 kg and 8.00 kg, slaughter yield — by 1.57 and 2.71 %, respectively. The advantage in terms of the studied slaughter indicators was in the second generation crossbreeds of the third experimental group.

Keywords: sheep breeding, purebred sheep, Romanov breed, crosses with Edilbay, wethers, pre-slaughter weight, fresh carcass, measurements, carcass coefficients

Author contributions. Yuldashbaev YA. — scientific guidance; Kosilov V.I. — preparation of the program and organization of the study; Nikonova E.A. — execution of the experimental part; Sedykh T.A. — statistical processing of data; Bykova O.A. — description and interpretation of the results obtained.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: Received: 18 April 2024. Accepted: 15 May 2024.

For citation: Yuldashbaev YA, Kosilov VI, Nikonova EA, Sedykh TA, Bykova OA. Slaughter qualities of young sheep depending on genotype. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):490–496. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-490-496

Введение

Основная задача агропромышленного комплекса Российской Федерации — существенное наращивание производства сельскохозяйственной продукции [1–4].

Особую актуальность имеет увеличение производства мяса и мясопродуктов разных видов [5–10], так как мясные изделия характеризуются высокой пищевой ценностью и являются источником полноценных белков, содержащих незаменимые аминокислоты.

Определенную роль в обеспечении населения страны мясопродуктами должно сыграть овцеводство как малозатратная отрасль животноводства, поскольку овцы легко адаптируются в любых природно-климатических зонах, способны давать хорошие приросты при пастбищном содержании.

Для рациональной системы разведения необходимо использовать межпородное скрещивание — помесный молодняк вследствие проявления эффекта скрещивания отличается повышенным уровнем продуктивности [11–15].

Для повышения мясных качеств отечественных пород овец все больше начинают использовать эдильбаевскую породу овец курдючного направления продуктивности.

Цель исследования — оценка влияния скрещивания маток романовской породы с эдильбаевскими баранами на убойные качества помесного молодняка.

Материал и методы исследования

Для проведения исследования были сформированы три группы баранчиков. В каждой группе было по 15 голов. Группы формировались по происхождению: в I группу вошли чистопородные животные романовской породы, во II группу — помеси полученные от скрещивания ($\frac{1}{2}$ романовская \times $\frac{1}{2}$ эдильбай), III группу — помеси полученные от скрещивания ($\frac{1}{4}$ романовская \times $\frac{3}{4}$ эдильбай). В возрасте 3 мес. баранчиков всех подопытных групп кастрировали способом с полным удалением семенников. Животных содержали по традиционной технологии. Подсосный период продолжался от рождения до 4 мес. В этот период подопытные животные находились с овцематками. После отъема и до 8-месячного возраста валушки выпасались на пастбище, с 8 до 10 мес. — на заключительном стойловом откорме.

В 10-месячном возрасте был проведен контрольный убой по три валушка из каждой группы. После убоя молодняка были определены морфометрические показатели. При этом были взяты промеры длины туловища и бедра, обхвата бедра, на основании которых рассчитывали коэффициент полномясности туши и коэффициент выполненности бедра.

С целью изучения убойных качеств определяли массу парной туши, внутреннего жира-сырца, убойную массу и рассчитывали выход туши и убойный выход.

Все полученные результаты были подвергнуты биометрической обработке с помощью статистической программы Statistica 10.0 (Stat Soft Inc. США). Достоверность полученных данных устанавливали по Стьюденту. Пределом достоверности служил параметр $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Полученные после убоя данные свидетельствуют о влиянии генотипа валушков на показатели туши (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты туши валушков подопытных групп, %

Показатель	Группа		
	I	II	III
Коэффициент полноты туши K_1	22,60	26,00	27,08
Коэффициент выполненности бедра K_2	82,53	89,33	90,35

Так помесные валушки II и III групп превосходили чистопородных сверстников по длине туловища соответственно на 12,09 см (25,07 %, $p < 0,001$) и 13,28 см (27,54 %, $p < 0,001$), длине бедра — на 1,14 см (4,09 %) и 1,96 см (7,03 %).

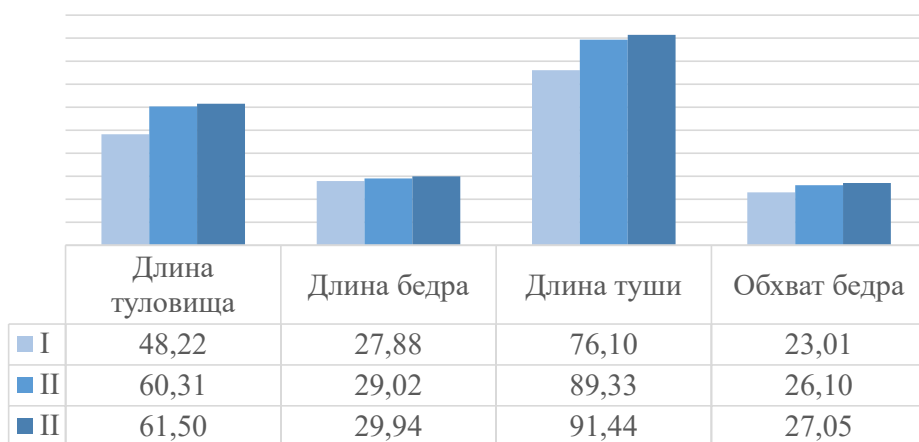
Установленные межгрупповые различия по длине туловища и бедра обусловили разницу в длине туши у валушков подопытных групп при минимальном показателе у чистопородного молодняка I группы. Достаточно отметить, что помеси II и III групп превосходили сверстников I группы по длине туши на 13,23 см (17,38 %, $p < 0,001$) и 15,34 см (20,16 %, $p < 0,001$).

Аналогичные межгрупповые различия отмечались и по обхвату бедра. При этом чистопородные валушки I группы уступали помесным сверстникам II и III групп по величине анализируемого показателя на 3,09 см (13,43 %, $p < 0,05$) и 4,04 см (17,56 %, $p < 0,05$) соответственно.

Характерно, что лидирующее положение по всем морфометрическим показателям туши занимали помеси второго поколения III группы. Они превосходили помесей первого поколения II группы по длине туловища на 1,19 см (1,97 %), длине бедра — на 0,92 см (3,17 %), длине туши — на 2,11 см (2,36 %), обхвату бедра — на 0,95 см (3,64 %) (рис.).

Известно, что выраженность мясности туши убойных животных во многом характеризуют коэффициенты ее полноты и выполненности бедра. Полученные данные свидетельствуют о влиянии генотипа валушков на величину анализируемых признаков при преимуществе помесного молодняка II и III групп. При этом чистопородный молодняк I группы уступал им по величине коэффициента полноты туши на 3,4 и 4,48 %, уровню коэффициента выполненности бедра — на 5,80 и 7,82 %. Лидирующее положение по этим коэффициентам занимали

валушки III группы, которые превосходили сверстников II группы по величине K_1 и K_2 на 1,08 и 1,02 % соответственно (см. табл. 1).



Промеры туши валушков подопытных групп, см

Источник: сделано Ю.А. Юлдашбаевым, В.И. Косиловым, Е.А. Никоновой, Т.А. Седых, О.А. Быковой

Показатель предубойной массы играет важную роль в оценке убойных качеств. Величина этого показателя находится в зависимости от генотипа, о чем и свидетельствуют полученные результаты (табл. 2).

Таблица 2

Результаты контрольного убоя валушков подопытных групп

Показатели	Группы					
	I		II		III	
	Показатели					
	$M \pm m$	C_v	$M \pm m$	C_v	$M \pm m$	C_v
Масса перед убоем, кг	36,70 ± 1,10	1,21	47,88 ± 1,14	1,24	50,02 ± 1,32	1,33
Масса туши (парная), кг	17,20 ± 0,97	1,10	23,23 ± 0,99	1,16	24,76 ± 1,01	1,22
Выход туши, %	46,88	—	48,51	—	49,50	—
Жир-сырец, кг	0,55 ± 0,03	1,10	0,68 ± 0,05	1,12	0,79 ± 0,07	1,21
Убойная масса, кг	17,75 ± 0,95	1,18	23,91 ± 0,97	1,21	25,75 ± 0,99	1,32
Убойный выход, %	48,36	—	49,93	—	51,07	—

При этом вследствие проявления эффекта скрещивания преимущество по величине предубойной живой массы было на стороне помесей II и III групп. Животные романовской породы (I группа) уступали аналогам по величине анализируемого показателя на 11,1 кг (30,46 %, $p < 0,001$) и 13,32 кг (36,29 %, $p < 0,001$).

Межгрупповые различия по предубойной живой массе обусловили неодинаковый уровень как абсолютной, так и относительной массы туши при преимуществе помесей II и III групп. Чистопородные валушки I группы уступали им по величине первого поколения на 6,03 кг (35,06 %, $p < 0,001$) и 7,56 кг (43,95 %, $p < 0,001$), второго — на 1,63 и 2,62 %.

По массе внутривисцерального жира-сырца существенных межгрупповых различий не отмечалось. В то же время по убойной массе наблюдалось преимущество помесного молодняка II и III групп над чистопородными валушками I группы, которое составляло 6,16 кг (34,70 %, $p < 0,001$) и 8,00 кг (45,07 %, $p < 0,001$) соответственно.

Межгрупповые различия по предубойной и убойной массе оказали влияние и на величину убойного выхода молодняка подопытных групп. При этом чистопородные валушки I группы уступали помесным сверстникам II и III групп по убойному выходу соответственно на 1,57 и 2,71 %.

Полученные результаты свидетельствуют о преимуществе помесей второго поколения (III группа) по основным показателям, характеризующим убойные качества молодняка. Так животные II группы (помеси первого поколения) уступали им по предубойной живой массе на 2,14 кг (4,47 %, $p < 0,05$), массе парной туши — на 1,53 кг (6,59 %), ее выходу — на 0,99 %, убойной массе — на 1,84 кг (7,70 %), убойному выходу — на 1,14 %.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о перспективности апробированного нами варианта скрещивания овец романовской и эдильбаевской пород. Помесный молодняк отличался большей величиной морфометрических показателей туши, коэффициента ее полномясности и выполненности бедра.

При скрещивании овцематок романовской породы с эдильбаевскими баранами наблюдается существенное повышение убойных качеств помесного молодняка, особенно валушков второго поколения, что обусловлено проявлением эффекта скрещивания.

Список литературы

1. Ларионов В.Г. Продовольственная безопасность России // Продовольственная политика и безопасность. 2015. № 1. С. 47—58.
2. Трухачев В.И., Илиади Ю.Х., Басонов О.А. Количественные и качественные показатели мясной продуктивности молодняка овец горьковской породы в зависимости от возраста убоя // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 3. С. 22—26. doi: 10.26897/2074-0840-2023-2-22-26
3. Балакирев Н.А., Фейзуллаев Ф.Р., Гончаров В.Д., Селина М.В. Состояние и перспектива развития овцеводства в России // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 58—63.
4. Шевхужев А.Ф., Бовкун Ю.И. Развитие мясошерстного кроссбредного овцеводства в Карачаево-Черкесии // Зоотехния. 2000. № 7. С. 8—10.
5. Хататаев С.А., Макарова Н.Н., Коробейник Е.С. Пищевая и дегустационная ценность мяса от помесных баранчиков // Зоотехния. 2022. № 12. С. 29—31. doi: 10.25708.ZT.2022.35-57.009
6. Шкилев П.Н., Косилов В.И., Никонова Е.А., Андриенко Д.А. Показатели биоконверсии основных питательных веществ рациона в мясную продукцию при производстве баранины основных пород овец

Южного Урала // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. Т. 1. № 6. С. 134—139.

7. *Косилов В.И., Шкилев П.Н., Никонова Е.А.* Влияние полового диморфизма на весовой и линейный рост цыгайской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2009. № 2. С. 110—113.

8. *Двалишвили В.Г.* Мясная продуктивность молодняка романовских овец и помесей (¼ романовская × ¾ иль де франс) // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 1. С. 20—22. doi: 10.26897/2074-0840-2023-1-20-21

9. *Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А.* Интенсификация производства и повышение качества мяса овец: монография. М. : МЭСХ, 2015. 303 с.

10. *Колосов Ю.А., Губанов И.С., Абонеев В.В.* Эффективность скрещивания при производстве баранины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 310—312.

11. *Магомадов Т.А., Никитченко Д.В., Никитченко В.Е.* Рост мышц и костей у баранчиков куйбышевской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2007. № 1. С. 61—63.

12. *Никитченко Д.В., Никитченко В.Е., Панов В.П.* Формирование скелетной мускулатуры у овец куйбышевской породы в постнатальном онтогенезе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 136—146.

13. *Ерохин А.И., Магомадов Т.А., Ерохин С.А., Сычева И.Н., Пахомова Е.В.* Эффективность промышленного скрещивания основных пород овец России с производителями разного направления продуктивности // Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 2. С. 7—13.

14. *Ерохин А.И., Карасев Е.А., Магомадов Т.А., Ерохин С.А.* Количественные и качественные показатели мясной продукции у овец разного направления продуктивности // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 4. С. 24—26.

15. *Шкилёв П.Н., Газеев И.Р., Никонова Е.А.* Биологическая ценность мяса овец цыгайской, южноуральской и ставропольской пород с учетом возраста, пола и кастрации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (29). С. 181—185.

Об авторах:

Юлдашбаев Юсупжан Артыкович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, профессор института зоотехнии и биологии, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: yuldashbaev@rgamsha.ru

ORCID: 0000-0002-7150-1131 SPIN-код: 5687-1473

Косилов Владимир Иванович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18; e-mail: kosilov_vi@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4754-1771 SPIN-код: 1802-6176

Никонова Елена Анатольевна — доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18; e-mail: nikonovaEA84@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0906-8362 SPIN-код: 2666-2600

Седых Татьяна Александровна — доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой генетики и химии, Башкирский государственный педагогический университет, Российская Федерация, 450001, г. Уфа, ул. Ленина, д. 20; e-mail: nio_bsau@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5401-3179 SPIN-код: 4481-5351

Быкова Ольга Александровна — доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии и пищевых производств, Уральский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 42; e-mail: olbyk75@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5401-3179 SPIN-код: 8510-1625



Ветеринария Veterinary science


DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-497-506

УДК 619:618.96:569.822.2–086

EDN CIGQPD

Научная статья / Research article

Оксидативный стресс при кардиоренальном синдроме у собак, возникшем на фоне эндокардиоза

Ю.А. Ватников¹  , А.А. Руденко^{1,2} , И.В. Щуров¹ ,И.Ф. Вилковыский^{1,3} , Е.М. Яровенко⁴¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Российская Федерация³ООО «Ветеринарное здоровье», г. Троицк, Российская Федерация⁴ООО «Ветеринарная клиника „ЗооАкадемия“», г. Москва, Российская Федерация vatnikov_yu@rudn.ru

Аннотация. Окислительный стресс и снижение антиоксидантной защиты были зарегистрированы у собак с эндокардиозом. Осложнение основной патологии в виде кардиоренального синдрома приводит к усугублению процессов перекисного окисления липидов и обуславливает дальнейшее снижение активности ферментов антиоксидантной системы защиты организма животных. Цель исследования — оценка патофизиологического значения оксидативного стресса в процессах формирования и прогрессирования кардиоренального синдрома у больных эндокардиозом собак. Концентрацию малонового диальдегида, церулоплазмينا, диеновых конъюгатов, активность супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы, глутатионпероксидазы измеряли в образцах сыворотки венозной крови у 24 собак с неосложненными формами эндокардиоза, у 31 собаки, больной эндокардиозом, осложненным кардиоренальным синдромом, а также у 22 здоровых собак. По сравнению с группой здоровых собак, у больных эндокардиозом собак диагностировали статистически значимо более высокую медиану сывороточной концентрации малонового диальдегида, церулоплазмينا, диеновых конъюгатов, а также статистически значимо низкую активность супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы, глутатионпероксидазы, что свидетельствует об активизации и прогрессировании процессов перекисного окисления липидов на фоне одновременного

© Ватников Ю.А., Руденко А.А., Щуров И.В., Вилковыский И.Ф., Яровенко Е.М., 2024

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

снижения параметров антиоксидантной системы защиты организма. Фактор наличия кардиоренального синдрома у больных эндокардиозом собак приводил к резкому усилению проявлений оксидативного стресса, что нужно учитывать клиницистам при оптимизации лечебно-профилактических мероприятий. Продукты перекисного окисления липидов, а также показатели ферментных систем антиоксидантной защиты можно использовать как потенциальные биомаркеры развития кардиоренальных осложнений у собак, больных эндокардиозом.

Ключевые слова: кардиоренальный синдром, патогенез, биохимия, патохимия, собаки, эндокардиоз, сердечная недостаточность

Вклад авторов: Ватников Ю.А. — концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, подготовка текста; Вилковьский И.Ф. — проведение экспериментов, сбор материала, подготовка текста; Щуров И.В. — проведение экспериментов, валидация методов, работа с литературой; Яровенко Е.М. — проведение экспериментов, интерпретация данных; Руденко А.А. — администрирование, работа с литературой, обработка данных, анализ и обобщение результатов исследования.






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

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00090, <https://rscf.ru/project/24-26-00090/>

История статьи: поступила в редакцию 17 июля 2024 г., принята к публикации 9 августа 2024 г.

Для цитирования: Ватников Ю.А., Руденко А.А., Щуров И.В., Вилковьский И.Ф., Яровенко Е.М. Оксидативный стресс при кардиоренальном синдроме у собак, возникшем на фоне эндокардиоза // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 497–506. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-497-506

Oxidative stress in dogs with cardiorenal syndrome caused by endocardiosis


Yuri A. Vatnikov¹  , Andrey A. Rudenko^{1,2} , Igor V. Shchurov¹ ,
Ilya F. Vilkovyskiy^{1,3} , Evgenia M. Yarovenko⁴

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russian Federation

³Veterinarnoe zdorovie, Moscow, Russian Federation

⁴Veterinary Clinic 'ZooAcademy', Moscow, Russian Federation

 vatnikov_yu@rudn.ru

Abstract. Oxidative stress and decreased antioxidant defense were registered in dogs with endocardiosis. Complication of underlying pathology in the form of cardiorenal syndrome leads to aggravation of lipid peroxidation processes and causes further decrease in activity of enzymes of antioxidant defense system of animal organism. The aim of the study was to evaluate the pathophysiological significance of oxidative stress in the processes of formation and progression of cardiorenal syndrome in dogs with endocardiosis. Concentration of malondialdehyde, ceruloplasmin, diene conjugates, activity of superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione peroxidase were measured in venous blood serum samples from 24 dogs with uncomplicated forms of endocardiosis, 31 dogs with endocardiosis complicated by cardiorenal syndrome, and 22 healthy dogs. Compared with the group of healthy dogs, dogs with endocardiosis were diagnosed with statistically significantly higher median of serum concentrations of malondialdehyde, ceruloplasmin, diene conjugates, as well as statistically significantly

lower activity of superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione peroxidase, which indicates activation and progression of lipid peroxidation processes against the background of simultaneous decrease in parameters of antioxidant defense system. Presence of cardiorenal syndrome in dogs with endocardiosis led to a sharp increase in manifestations of oxidative stress, which should be considered by clinicians when optimizing therapeutic and preventive measures. Lipid peroxidation products, as well as indicators of enzyme systems of antioxidant defense can be used as potential biomarkers of the development of cardiorenal complications in dogs with endocardiosis.

Keywords: cardiorenal syndrome, pathogenesis, biochemistry, pathochemistry, dogs, endocardiosis, heart failure

Author contributions. Vatnikov Y.A. — research concept, work with literature, conducting experiments, writing the paper; Vilkovskiy I.F. — conducting experiments, collecting data, writing the paper; Shchurov I.V. — conducting experiments, validating methods, working with literature; Yarovenko E.M. — conducting experiments, interpreting data; Rudenko A.A. — administration, work with literature, data processing, analysis and generalization of research results.

Conflict of interests: The authors declared no conflict of interests.

Acknowledgments: The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-26-00090, <https://rscf.ru/project/24-26-00090/>

Article history: Received: 17 July 2024. Accepted: 9 August 2024.

For citation: Vatnikov YA, Rudenko AA, Shchurov IV, Vilkovskiy IF, Yarovenko EM. Oxidative stress in dogs with cardiorenal syndrome caused by endocardiosis. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):497–506. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-497-506

Введение

Гиперпродукция активных форм кислорода может вызывать мощное патологическое воздействие на организм больных животных [1]. Данное патологическое состояние связано с перекисным окислением липидов и имеет название в научной литературе как оксидативный стресс [2]. В физиологических условиях организм животных имеет достаточно эффективную систему защиты в виде антиоксидантной системы [1, 2]. Однако, дисбаланс прооксидантных и антиоксидантных факторов может инициировать процессы неконтролируемого перекисного окисления липидов и повреждение белков и нуклеиновых кислот в различных клеточных структурах [1]. В этом отношении особую озабоченность вызывает риск поражения органов сердечно-сосудистой и выделительной систем как мультиморбидной патологии [3–6]. Ранее мы изучали оксидативный стресс и его роль при гепатокардиальном синдроме [7]. Однако, еще большую проблему в ветеринарной терапии имеет кардиоренальный синдром, который возникает на фоне первичной кардиопатологии и манифестируется выраженным снижением почечной функции в виде азотемии [8–10].

Известно, что окислительный стресс вызывает феномен цитотоксичности, влияет на нейроэндокринную и иммунную систему организма, индуцирует выработку провоспалительных цитокинов и оказывает негативный йонотропный эффект [10, 11]. Общие маркеры оксидативного стресса хорошо известны в научной литературе

и включают в себя продукты перекисного окисления липидов (например, диеновые конъюгаты, малоновый диальдегид, 8-F2a-изопростан и т. д.), окисленной ДНК (например, 8-гидрокси-дезоксигуанозин) или модификации белков (например, карбонилы белков) [12]. Также важная роль в развитии оксидативного стресса отводится церулоплазмину [4]. Эндогенная система антиоксидантной защиты достаточно сложна, многообразна и включает такие ферментные системы, как каталазу, супероксиддисмутазу, глутатионредуктазу, глутатионпероксидазу, нейтрализаторы свободных радикалов (ретинол, токоферол, аскорбиновая кислота) и хелаторы металлов [10, 13–14]. Состояние антиоксидантной системы и процессов перекисного окисления липидов у больных эндокардиозом собак при развитии осложнений в виде кардиоренального синдрома не представлены в современной научной литературе.

Цель исследования — оценить патофизиологическое значение оксидативного стресса в процессах формирования и прогрессирования кардиоренального синдрома у больных эндокардиозом собак.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использованы собаки, больные эндокардиозом. Диагноз при эндокардиозе у собак пород группы риска устанавливали на основании наличия выраженного голосистолического шума на верхушке сердца с левой стороны грудной клетки, увеличения левого предсердия (соотношение размера левого предсердия к размеру аорты более 1,7), деформированного и утолщенного митрального клапана с одновременным поражением трикуспидального клапана или без такового, а также признаков, характерных для митральной регургитации по данным эхокардиографии в В-, М-режиме и цветного доплеровского картирования [15–19]. Все больные животные, поступавшие на первичный прием в ветеринарные клиники Москвы и области, имели признаки застойной сердечной недостаточности: гиперемию, отек легких, плевральный выпот или асцит. Исследования проводили на 22 физиологически здоровых и 55 больных эндокардиозом собак. Эхокардиографические и доплерографические методы исследования проводили на аппарате *Mindray DP-60* [14]. Больных эндокардиозом собак разделили на 2 группы: I — свободные от кардиоренальных осложнений ($n = 24$), II — с кардиоренальным синдромом ($n = 31$). Оценку биохимического профиля сыворотки проводили у каждой собаки, чтобы определить соответствие критериям участия в эксперименте. Собак, включенных в контрольную группу, отнесли к категории физиологически здоровых на основании физического осмотра, нормальных данных эхокардиографии и биохимического профиля сыворотки крови. Все собаки с наличием других тяжелых заболеваний (например, онкопатология, печеночная недостаточность, диабет, анемия, сепсис, инфекционные и паразитарные заболевания) были исключены из исследования. Не было никаких отличий между контрольной и опытными группами по массе тела, возрасту, распределению по полу и породам. Все владельцы собак подписали форму информированного согласия

на добровольное участие в клиническом эксперименте. Клинически важным критерием наличия кардиоренального синдрома у животных считали азотемию, которая манифестировалась повышенной концентрацией креатинина в сыворотке крови (≥ 200 мкмоль/л). Забор проб крови у собак проводили натошак из подкожной вены предплечья в вакуумные пробирки с активатором свертывания крови в утренние часы после предварительного не менее 10-часового режима голодания. Оценка интенсивности процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы в сыворотке крови собак при кардиоренальном синдроме осуществлена с использованием коммерческих наборов *RANDOX Laboratories Ltd* согласно инструкции производителя на спектрофотометре *UN2CO-WFT2100*.

Методами Манна — Уитни и Крускала — Уоллиса осуществляли статистический анализ полученных цифровых данных в STATISTICA 7.0 [17—19]. Экспериментальные данные описаны медианой *Me* и диапазоном интерквартильного размаха *IQ*.

Результаты исследования и обсуждение

Медиана концентрации малонового диальдегида в сыворотке крови у больных неосложненными формами эндокардиоза собак и в группе животных при развитии кардиоренального синдрома оказалась достоверно выше по сравнению с контрольной группой (табл.).

Антиоксидантный статус и биомаркёры оксидативного стресса у больных эндокардиозом митрального клапана собак, осложненным кардиоренальным синдромом

Показатель	Группы животных						Критерий Крускала — Уоллиса
	Контроль (n = 22)		I (n = 24)		II (n = 31)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Малоновый диальдегид, мкмоль/л	2,75	2,40...2,80	3,80***	3,00...4,10	4,00***	3,70...4,20	H = 35,7 p < 0,001
Церулоплазмин, ммоль/л	1,30	1,10...1,80	2,15***	1,80...2,60	3,00***###	2,50...3,10	H = 46,2 p < 0,001
Супероксиддисмутаза, Ед/мл	50,0	46,0...55,0	38,0***	35,5...40,0	27,0***###	25,0...30,0	H = 57,0 p < 0,001
Каталаза, Ед/мл	1,55	1,40...1,90	0,70***	0,50...0,90	0,40***###	0,30...0,50	H = 53,5 p < 0,001
Глутатионредуктаза, Ед/мл	1,45	1,30...1,60	0,70***	0,60...0,90	0,80***	0,60...0,90	H = 45,2 p < 0,001
Глутатионпероксидаза, Ед/мл	2,95	2,70...3,30	2,35***	1,90...2,65	1,80***###	1,70...2,00	H = 44,2 p < 0,001
Диеновые конъюгаты, усл. ед./мл	1,95	1,50...2,30	2,95***	2,50...3,35	3,80***###	3,70...4,10	H = 57,2 p < 0,001

Примечание. *Me* — медиана; *IQ* — интерквартильный размах; * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$ — достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными (критерий Манна — Уитни); # — $p < 0,05$; ## — $p < 0,01$; ### — $p < 0,001$ — достоверность разницы между показателями I и II группы животных (критерий Манна — Уитни).

Однако, медианы сывороточной концентрации малонового диальдегида статистически не отличались у больных эндокардиозом собак в зависимости от наличия или отсутствия кардиоренальных осложнений (см. табл.). При этом, анализ Крускала — Уоллиса показал высокий уровень достоверности, что указывает на тот факт, что величины данного биохимического параметра у животных разных групп не относятся к единой генеральной совокупности.

Медиана концентрации церулоплазмينا в сыворотке крови больных эндокардиозом собак как при отсутствии, так и наличии кардиоренального синдрома была статистически значимо более высокая по сравнению с контролем. Кроме этого, в группе больных собак при наличии кардиоренального синдрома концентрация церулоплазмينا в сыворотке крови оказалась статистически значимо более высокая, чем в группе больных животных с отсутствием кардиоренальных осложнений. Проведение анализа Крускала — Уоллиса в отношении сывороточной концентрации церулоплазмينا у собак разных опытных групп установило наличие высокой статистической значимости полученных результатов.

Медианы сывороточной активности супероксиддисмутазы у собак разных опытных групп не относятся к одной генеральной совокупности согласно проведению анализа Крускала — Уоллиса. Активность данного фермента в сыворотке крови больных эндокардиозом собак была статистически значимо ниже как при отсутствии, так и при наличии кардиоренального синдрома по сравнению с контрольной группой. Однако, следует отметить, что активность в сыворотке крови супероксиддисмутазы была более низкой в группе больных кардиоренальным синдромом собак по сравнению с интактной группой собак.

В отношении медианы активности каталазы в сыворотке крови собак разных групп анализом Крускала — Уоллиса установлен высокий уровень статистической значимости. У больных эндокардиозом собак как без кардиоренальных осложнений, так и при наличии таковых медиана сывороточной активности каталазы была статистически значимо ниже, чем в контрольной группе. Однако, следует отметить, что активность данного фермента была значимо более низкая в группе больных эндокардиозом с кардиоренальным синдромом, чем в группе больных неосложненными формами патологии животных.

Активность глутатионредуктазы в сыворотке группы больных эндокардиозом с кардиоренальным синдромом собак и группы больных неосложненными формами кардиопатологии была более низкой, чем в группе контроля. Не выявлено статистически значимых изменений в сывороточной активности данного фермента между группой собак, больных неосложненными формами эндокардиоза, и животными с развитием осложнений в виде кардиоренального синдрома. Однако, анализ Крускала — Уоллиса показал наличие статистически значимых различий между разными опытными группами собак.

Методом Крускала — Уоллиса верифицированы статистически значимые отличия между показателями сывороточной активности глутатионпероксидазы у разных опытных групп животных. При этом по сравнению с группой контроля активность данного фермента в группе больных неосложненными формами эндо-

кардио́за была статистически значимо более низкая. Наличие кардиоренального синдро́ма у больных эндокардиозом привело к еще более значимому снижению активности глутатионпероксидазы в сыворотке крови по сравнению группой животных, больных неосложненным эндокардиозом.

Концентрация диеновых конъюгатов в сыворотке крови больных эндокардиозом собак как при отсутствии, так и при наличии кардиоренального синдро́ма была статистически значимо более высокая по сравнению с контролем. Кроме того, в группе больных собак при наличии кардиоренального синдро́ма концентрация диеновых конъюгатов в сыворотке крови оказалась статистически значимо более высокая, чем в группе больных животных с отсутствием кардиоренальных осложнений. Проведение анализа Кру́скала — Уоллиса в отношении сывороточной концентрации диеновых конъюгатов у собак разных опытных групп установило наличие высокой статистической значимости полученных результатов.

Собаки, больные эндокардиозом, осложненным кардиоренальным синдро́мом, в этом исследовании имели более значительный окислительный стресс, чем у больных неосложненными формами сердечно-сосудистой патологии, на что указывают более высокие значения концентрации диеновых конъюгатов в сыворотке крови. Диеновые конъюгаты являются непосредственными продуктами перекисного окисления липидов. Они синтезируются в процессе перегруппировки двойных связей при свободно-радикальном окислении полиненасыщенных жирных кислот.

Малоновый диальдегид является менее надежным биомаркёром окислительного стресса [1]. Он синтезируется в организме человека и животных в процессе расщепления арахидоновой кислоты и других полиненасыщенных липидов активными формами кислорода [2]. По сравнению с контролем данный метаболит статистически значимо повышался в сыворотке собак при эндокардиозе. Однако наличие кардиоренального синдро́ма у больных собак не инициировало дальнейшее повышение его концентрации в сыворотке крови.

Медьсодержащий протеин церулоплазмин играет важнейшую ферментативную роль в организме животных и человека, а именно: он катализирует окисление полиаминов и полифенолов в сыворотке крови [4], является потенциальным биомаркёром окислительного стресса. В нашем исследовании установлено, что при развитии кардиоренального синдро́ма у собак, больных эндокардиозом, концентрация церулоплазмينا в сыворотке крови была более высокой, чем у больных без кардиоренальных осложнений и интактных животных.

Супероксиддисмутаза является ферментом антиоксидантной защиты организма [6]. Он катализирует дисмутацию супероксида в кислород и пероксид водорода. У больных эндокардиозом собак активность супероксиддисмутазы в сыворотке крови существенно снижалась, по сравнению с клинически здоровыми животными. Особенно заметное снижение происходило при развитии кардиоренального синдро́ма.

Каталаза представляет собой гемсодержащий фермент, относящийся к классу оксидоредуктаз [12]. Данный фермент принимает непосредственное участие в разложении пероксида водорода на воду и кислород. У собак, больных эндокардиозом,

сывороточная активность каталазы значительно снижалась по сравнению с нормой. Особенно выраженное снижение отмечалось в группе животных при развитии кардиоренального синдрома.

Глутатионредуктаза представляет собой фермент, восстанавливающий дисульфидную связь окисленного глутатиона его сульфгидрильной формы за счет энергии НАДФ-Н, образующегося в пентозном цикле [13]. В красных кровяных тельцах, в условиях постоянного высокого риска воздействия оксидативного стресса, почти 10 % потребляемой глюкозы используется на восстановление глутатиона глутатионредуктазой. У собак больных эндокардиозом, по сравнению со здоровыми, происходит снижение сывороточной активности глутатионредуктазы. Однако наличие у больных животных кардиоренального синдрома не привело к более значимому снижению активности данного фермента.

Глутатионпероксидаза — фермент, защищающий организм человека и животных от последствий оксидативного стресса [11—13, 20, 21]. Глутатионпероксидаза восстанавливает гидроперекиси жирных кислот в соответствующие спирты, а также пероксид водорода до воды. В нашем исследовании показано, что по сравнению со здоровыми собаками сывороточная активность данного фермента достоверно снижалась у больных эндокардиозом, причем наличие кардиоренального синдрома привело к еще более значимому ее снижению.

Очевидно, что повышенная продукция активных форм кислорода, индуцируемая различными триггерами, связанными с тяжестью течения хронической сердечной недостаточности у больных эндокардиозом собак, способствует формированию и прогрессированию кардиоренального синдрома. При этом снижение легочного капиллярного кровотока при кардиопатологии инициирует продукцию активных форм кислорода митохондриями различных клеток организма больных животных, что требует дальнейшего исследования.

Заключение

Маркёры оксидативного стресса (концентрация малонового диальдегида, церулоплазмينا, диеновых конъюгатов в сыворотке крови) повышаются у собак, больных эндокардиозом митрального клапана, в сравнении с клинически здоровыми. Степень повышения данных субстратов оказалась достоверно выше при возникновении осложнения в виде кардиоренального синдрома. Кроме того, обнаружено, что сывороточная активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы, глутатионпероксидазы) закономерно снижалась у собак, больных эндокардиозом. Степень выраженности депрессии указанных ферментных систем была максимально низкая у собак при развитии кардиоренальных осложнений. Продукты перекисного окисления липидов, а также показатели ферментных систем антиоксидантной защиты можно использовать как потенциальные биомаркёры развития кардиоренальных осложнений у собак, больных эндокардиозом.

Список литературы

1. Ушакова Т.М., Старикова Е.А. Фармакокоррекция оксидативного стресса при печеночной недостаточности у собак // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 166—170. EDN YSUCFV
2. Ушакова Т.М., Старикова Е.А. Коррекция нарушений гепаторенальной системы при токсическом гепатите у собак // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 250—253. EDN XYKUXZ
3. Баранова Н.В., Руденко А.А., Руденко П.А. Кардиоренальный синдром у собак при эндокардиозе митрального клапана // Сборник научных трудов 11-й Международной межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате Purina Partners, Москва, 8 декабря 2021 г. М. : Академия Принт, 2021. С. 413—420. EDN UUFBSQ
4. Летуновская А.В., Бабич П.С. Церулоплазмин при патологиях молочной железы невоспалительного характера у сук // Современный взгляд на будущее науки: приоритетные направления и инструменты развития: сб. науч. статей по итогам Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 27–28 января 2017 г. Санкт-Петербург : Редакционно-издательский центр «Культ-Информ-Пресс», 2017. С. 12—14. EDN XRVSVT
5. Radchenko A.O., Makienko N.V., Vodyanitska N.A. Multimorbid and polypharmacy in clinical cardiology in terms of the clinical case // The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University, series “Medicine”. 2017. No. 33. P. 91—94. EDN ZDUHPT
6. Бабкина Т.Н., Ушакова Т.М. Корреляция расстройств редокс-гомеостаза и уровня метаболических процессов при гипотиреозе у собак // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2021. № 3 (51). С. 37—40. doi: 10.24412/2074-5036-2021-3-37-40 EDN BJHNIG
7. Vatnikov Y., Rudenko A., Gnezdilova L., Sotnikova E., Byakhova V., Piven E., Kulikov E., Petrov A., Drukovskiy S., Petrukhina O. Clinical and diagnostic characteristics of the development of hepatocardial syndrome in black and white cows in the early lactation period // *Veterinary World*. 2022. Vol. 15. No. 9. P. 2259—2268. doi: 10.14202/vetworld.2022.2259-2268
8. Гайсин И.Р., Валеева Р.М., Максимов Н.И. Кардиоренальный континуум беременных женщин с артериальной гипертензией // Артериальная гипертензия. 2009. Т. 15. № 5. С. 590—597. EDN TXTEQD
9. Резник Е.В., Гендлин Г.Е., Гуцина В.М., Сторожаков Г.И. Хроническая болезнь почек у больных с хронической сердечной недостаточностью (Обзор литературы) // *Нефрология и диализ*. 2010. Т. 12. № 1. С. 13—24. EDN MEGQEN
10. Вишнева Е.М., Сагадеева О.А., Вишнева К.А. Проблема коморбидности пациентов с хронической патологией почек и сердечно-сосудистыми заболеваниями // *Medicus*. 2022. № 3 (45). С. 24—32. EDN TELOAW
11. Асташкин Е.И., Глезер М.Г., Орехова Н.С., Егорова Н.Д., Грачев С.В., Соколова И.Н. Влияние Актовегина на фагоциты крови при оксидативном стрессе у пациентов с сердечной недостаточностью // *Фарматека*. 2014. № 9. С. 14—19. EDN SMMTZX
12. Петюнин П.А., Золотайкина В.И., Ананько С.Я., Лапшина Л.А. Оценка влияния кверцетина на показатели оксидативного стресса и кардиогемодинамики при лечении острой сердечной недостаточности // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2012. № 1–1. С. 63. EDN PAOMIP
13. Эфендиев А.М., Мамедова Ф.И., Азизова Г.И., Дадашова А.Р. Прогностическая значимость факторов апоптоза и оксидативного стресса при хронической сердечной недостаточности // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2018. Т. 153. № 2. С. 13—16. EDN YQJQRF
14. Костылев В.А., Гончарова А.В. Эхокардиография собак с патологиями митрального клапана // Сборник научных трудов двенадцатой Междунар. межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате Partners, Москва, 17–18 ноября 2022 г. М. : Сельскохозяйственные технологии, 2022. С. 618—626. EDN BISQPS
15. Руденко А.А. Концентрация сывороточных противомиокардиальных и противоклапанных аутоантител у собак при эндокардиозе митрального клапана // *Российский ветеринарный журнал*. 2017. № 8. С. 10—13. EDN ZIGNIJ
16. Кондратенко А.А. Диагностика и лечение эндокардиоза атриовентрикулярных клапанов у собак // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение, Брянск, 25–26 марта 2021 г. Брянск : Брянский гос. аграрный ун-т, 2021. С. 229—232. EDN OENWYP
17. Руденко А.А. Оценка частоты дыхания во время сна у кошек с застойной сердечной недостаточностью: степень приверженности к данному тесту владельцев животных и ее влияние на выживаемость пациентов // *Российский ветеринарный журнал*. 2018. № 4. С. 9—14. doi: 10.32416/article_5bd1c1f917fda5.38468318

18. *Рассказова Е.А.* Электрокардиографическая диагностика эндокардиоза атриовентрикулярных клапанов у собак // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение: Брянск, 25–26 марта 2021 г. Брянск : Брянский гос. аграрный ун-т, 2021. С. 327—331. EDN JTHFYU

19. *Лукиянов А.А., Садикулова А.В.* Диагностика и лечение эндокардиоза у собак // Студенческая наука к юбилею вуза: сб. науч. трудов по материалам 50-й науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, Тверь, 15–17 марта 2022 г. Тверь : Изд-во Тверской ГСХА, 2022. С. 208—211. EDN EBOJEM

20. *Морозов И.А., Елизарова Т.С.* Диагностика застойной сердечной недостаточности у собак при эндокардиозе митрального клапана // Гуманитарные, естественно-научные и технические решения современности в условиях цифровизации: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 29 июля 2021 г. Ростов-на-Дону : Южный университет «ИУБИП»; Изд-во ВВМ, 2021. С. 88—94. EDN IBXRXM

21. *Алердинск Е.Г., Самсонова Т.С.* Диагностика эндокардиоза атриовентрикулярных клапанов у собак // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. молодых ученых АПК, Рассвет, 12–15 мая 2020 г. Ростов-на-Дону — Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2020. С. 136—141. doi: 10.34924/FRARC.2020.1.63911 EDN GNTKJL

Об авторах:

Ватников Юрий Анатольевич — доктор ветеринарных наук, профессор, директор департамента ветеринарной медицины, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: vatnikov_yu@rudn.ru

ORCID: 0000-0003-0036-3402 SPIN-код: 2726-8270

Руденко Андрей Анатольевич — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Российская Федерация, 125080, г. Москва Волоколамское шоссе, д. 11; профессор департамента ветеринарной медицины, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: vetrudek@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-6434-3497 SPIN-код: 6403-6832

Щуров Игорь Васильевич — кандидат ветеринарных наук, руководитель Центра ветеринарной инновационной медицины, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: shchurov-iv@pfur.ru

ORCID: 0009-0001-8319-6680

Вилковьевский Илья Фёдорович — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины, Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; генеральный директор, ООО «Ветеринарное здоровье», Российская Федерация, 108840, г. Троицк, ул. Физическая, д. 13; e-mail: med-vet@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4552-2083 SPIN-код: 6544-1649

Яровенко Евгения Михайловна — ветеринарный врач, ООО «Ветеринарная клиника „ЗооАкадемия“», Российская Федерация, 117452, г. Москва, ул. Ялтинская, д. 1Б; e-mail: zooac@yandex.ru



DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-507-516


УДК 619:618.19-002:636.2:637.115

EDN CJUBEF

Научная статья / Research article

Автоматизированное доение и заболеваемость коров маститом

В.И. Михалёв  , В.И. Зимников 

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии,
фармакологии и терапии, г. Воронеж, Российская Федерация
 mikhalevvit@yandex.ru

Аннотация. Одним из важнейших аспектов получения молока высокого санитарного качества является функционирование доильной техники. Основной объем получаемой молочной продукции приходится на молочные комплексы, оснащенные доильными залами с автоматизированной системой доения. Однако, как показывает практика, в системе автоматической дойки возможны сбои настроек, их некорректное установление, приводящие к негативному воздействию на молочную железу коров. Цель исследования — изучение влияния параметров настроек автоматизированного доильного оборудования (вакуум в подсосковой камере, минимальный поток молока при снятии доильных аппаратов) на функциональное состояние молочной железы высокопродуктивных лактирующих коров. Исследования проведены на двух доильных залах. В доильном зале 1 не проводили техническое обслуживание доильной установки на протяжении трех лет, в доильном зале 2 — осуществляли регулярное техническое обслуживание с тестированием каждого доильного аппарата. Установлено, что при регулярном проведении технического обслуживания (доильный зал 2) «вакуум доения» находится в пределах 37...39 кПа, в магистральной трубе — 40...42 кПа, т.е. разница составляет не более 2...3 кПа. Недостаточный вакуум в подсосковой камере (34...36 кПа) способствует повышению продолжительности доения в 1,6...2,0 раза, увеличению количества коров с раздражением вымени — в 2,5...4,0 раза, заболеваемости субклиническим маститом — в 3,0...4,2 раза, клинически выраженным маститом — в 3,2...11,8 раза, числа соматических клеток в сборном молоке — в 2,0...3,2 раза. Увеличение минимального потока молока при отключении доильного аппарата до 450...500 г/мин обеспечивает снижение количества коров с раздражением вымени в 3,9 раза, больных субклиническим маститом — в 4,1 раза, клинически выраженным маститом — в 21,2 раза и числа соматических клеток в сборном молоке — в 4,2 раза (145,5 тыс./мл, что соответствует молоку высшего сорта).

Ключевые слова: крупный рогатый скот, лактация, вакуум, молоко, соматические клетки

© Михалёв В.И., Зимников В.И., 2024



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

Вклад авторов: Михалёв В.И. — концепция и разработка программы исследований, написание текста; Зимников В.И. — проведение исследований, сбор и анализ полученных материалов.

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


История статьи: поступила в редакцию 31.01.2024; принята к печати 10.07.2024.

Для цитирования: Михалёв В.И., Зимников В.И. Автоматизированное доение и заболеваемость коров маститом // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 507–516. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-507-516

Automatic milking and incidence of mastitis in cows

Vitaliy I. Mikhalev  , Vitaliy I. Zimnikov 

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh,
Russian Federation

 mikhalevvit@yandex.ru

Abstract. One of the main aspects of obtaining milk of high sanitary quality is functioning of milking equipment. Currently, the main volume of dairy products produced comes from dairy complexes equipped with milking parlors with automatic milking system. However, as practice shows, in the automatic milking system, settings may fail and be incorrectly set, leading to negative effect on mammary gland of cows. Hence, the goal of the research was to study the effect of settings of automatic milking equipment (vacuum in teat chamber, minimum milk flow when removing milking machines) on functional state of mammary gland of high-yielding lactating cows. The experiments were carried out in two milking parlors. At milking parlor 1, there was no maintenance of milking machine for three years. At milking parlor 2, there was regular maintenance with testing of each milking machine. It was established that with regular maintenance (milking parlor 2), the “milking vacuum” was in the range of 37...39 kPa, in the main pipe — 40...42 kPa, i.e. the difference was no more than 2–3 kPa. Insufficient vacuum in teat chamber (34...36 kPa) resulted in 1.6–2.0-fold increase in duration of milking, 2.5–4.0-fold increase in number of cows with udder irritation, 3.0–4.2-fold increase in incidence of subclinical mastitis, 3.2–11.8-fold increase in incidence of clinical mastitis, 2.0–3.2-fold increase in number of somatic cells in collected milk. Increase in minimum milk flow up to 450...500 g/min after turning off the milking machine ensures 3.9-fold reduction in the number of cows with udder irritation, 4.1-fold reduction of cows with subclinical mastitis, 21.2-fold reduction of cows with clinical mastitis, and 4.2-fold decrease in the number of somatic cells in collected milk (145.5 thousand/ml that corresponds to premium milk).

Keywords: cattle, lactation, vacuum, milk, somatic cells

Author contributions. Mikhalev V.I. conceived and designed the experiments, wrote the paper; Zimnikov V.I. performed the experiments, collected and analyzed the data.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: Received: 31 January 2024. Accepted: 10 July 2024.

For citation: Mikhalev VI, Zimnikov VI. Automatic milking and incidence of mastitis in cows. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):507–516. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-507-516

Введение

Мастит, одна из основных проблем молочного животноводства, наносит огромный ущерб агропромышленному комплексу за счет снижения качества получаемого молока и преждевременной выбраковки высокопродуктивных животных [1, 2].

Один из предрасполагающих факторов высокой заболеваемости коров маститом — несоблюдение технологии и правил машинного доения. От правильно организованных технических процессов машинного доения зависит уровень развития и эффективность ведения молочного скотоводства [3, 4].

Ведь именно процесс производства и получения молока является реализацией затраченных средств и усилий, и поэтому любые нарушения в завершающей фазе означают обесценивание всех предыдущих затрат на производство кормов и выращивание животных [5, 6].

Качественные и правильно настроенные современные доильные установки не провоцируют развития в вымени воспалительных процессов [7].

Как известно, в число основных показателей нормальной работы доильной установки входит обеспечение стабильности вакуума в системе. Вакуум в любой доильной установке должен быть постоянным, стабильным и соответствовать установленному на предприятии виду доильного оборудования [7, 8].

При этом для линейной доильной установки с верхним молокоотводом вакуум должен составлять 48...50 кПа, для доильного зала с нижним молокоотводом — 40...42 кПа [3, 9].

Необходимо помнить, что неправильно установленная величина и нестабильный вакуум приводит к снижению продуктивности и увеличению риска возникновения мастита в стаде, за счет увеличения времени доения и передаивания животных [7, 10].

Помимо величины вакуума огромную роль в правильной работе автоматической доильной установки играют ее настройки, такие как время преддоильного массажа сосков вымени, частота пульсаций, задержка снятия доильного аппарата, время окончательного этапа доения, поток молока при снятии доильного аппарата и др. [11, 12].

Неверная установка частоты в минуту и коэффициента пульсации приводит к неполному выдаиванию коров или к передаиванию (сухому доению), в месте с этим неправильно выставленные величины заключительного этапа доения и минимального потока молока при снятии аппарата также приводит к неполному выдаиванию или передаиванию животных, что в последующем является причиной возникновения мастита. В некоторых животноводческих хозяйствах только снижение минимального потока молока при снятии доильного аппарата менее 350 г/мин приводило к заболеваемости коров клинически выраженным маститом до 15...25 % [5, 13].

В связи с этим показателями эффективности корректного функционирования настроек системы автоматического доения коров являются полнота выдаивания, скорость молокоотдачи, сохранение здоровья молочной железы и качества получаемого молока [14, 15].

Цель исследования — изучение влияния параметров настроек автоматизированного доильного оборудования на функциональное состояние и развитие воспалительного процесса в молочной железе высокопродуктивных лактирующих коров.

Материалы и методы исследования

Исследования провели на 1120 дойных коровах голштинской породы, доение которых осуществляли в двух доильных залах фирмы GEA Westfalia при разных параметрах настроек в доильной системе. В доильном зале 1 техническое обслуживание доильной установки не проводили 3 года, в доильном зале 2 — проводили регулярное техническое обслуживание с тестированием каждого доильного аппарата.

Величина вакуума в вакуум-проводе и в подсосковой камере измерялась с помощью прибора MiniTest-2 interclean, подсчет соматических клеток — на счетчике соматических клеток DCC фирмы DeLaval. Настройки технологических параметров доения (вакуум в вакуум-проводе, в подсосковой камере, минимальный поток при отключении доильных аппаратов) анализировались на основании данных программы Deriplan. Диагностика раздражения и заболеваемости субклиническим и клинически выраженным маститом проводилась с помощью клинического обследования животных. В процессе обследования учитывалось общее состояние животных, состояние молочной железы (наличие отеков, повышение местной температуры, целостность кожного покрова и т.д.). Методом пробного сдаивания на молочно-контрольную пластинку проводилась оценка состояния секрета молочной железы, визуально и с помощью экспресс теста «Кенотест».

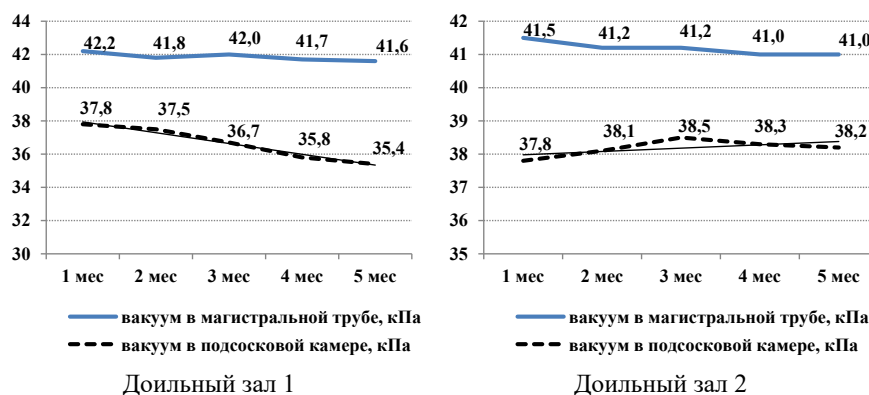
Результаты исследования и обсуждение

Проведенными исследованиями установлено влияние различных параметров автоматизированного доения коров на состояние молочной железы.

Одним из основных параметров машинного доения коров, оказывающих влияние на молочную железу, является величина вакуума в магистральной трубе. Согласно нормативным данным этот показатель должен находиться в пределах 40...42 кПа для установки, оборудованной нижним молокопроводом. В последнее время одним из интегрированных показателей, характеризующих работу доильной установки, является вакуум в подсосковой камере, так называемый «вакуум доения».

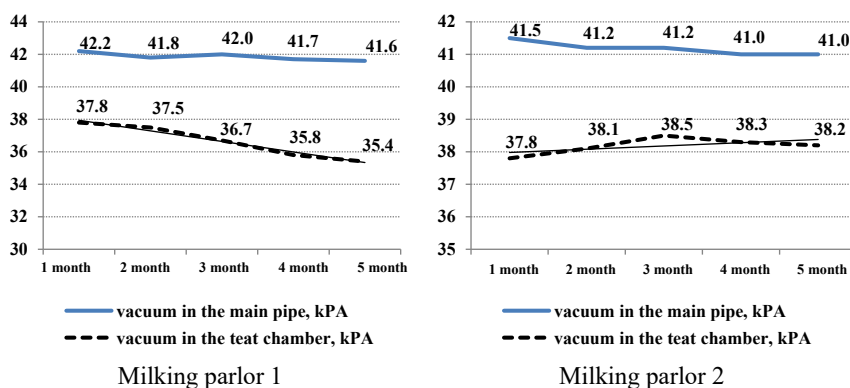
По данным М. Ebrahimi и др. уровень вакуума в подсосковой камере, независимо от места расположения молокопровода, должен быть стабильным и находиться в пределах 39 ± 2 кПа [6].

Исследованиями установлено (рисунок), что при отсутствии регулярного технического обслуживания доильной техники (доильный зал 1) величина вакуума в магистральной трубе находилась на уровне 41,6...42,2 кПа, что вполне укладывается в нормативы. Однако, «вакуум доения» составлял 35,4...37,8 кПа за 5-месячный период наблюдений, что на 4,4...6,2 кПа ниже, чем в вакуум-проводе.



Величина вакуума в магистральной трубе и подсосковой камере доильных аппаратов при различном уровне технического обслуживания

Источник: выполнено В.И. Михалёвым, В.И. Зимниковым



Amount of vacuum in the main pipe and teat chamber of milking machines at different levels of maintenance

Source: created by V.I. Mikhalev, V.I. Zimnikov

В доильном зале 2, в котором проводилось техническое обслуживание в соответствии с регламентом, разница между вакуумом в магистральной трубе (41,0...41,5 кПа) и в подсосковой камере (37,8...38,5 кПа) составила лишь 3,0...3,2 кПа. Данный показатель соответствовал физиологическим нормам при доении коров в доильных залах с нижним молокопроводом.

Влияние величины «вакуума доения» на молочную железу коров представлено в табл. 1. Установлено, что при низком уровне вакуума в подсосковой камере (ниже 37,0 кПа — доильный зал 1) продолжительность доения коров 7,35...8,41 мин, что в 1,6...2,0 раза ($p < 0,001$) выше при «вакууме доения» 37...39 кПа. Количество животных с раздражением вымени при низком «вакууме доения» составило 22,7...26,7 % от общего поголовья за 5-месячный период наблюдений, что в 2,5...4,0 раза больше, заболеваемость субклиническим маститом — в 3,0...4,2 раза, клинически выраженным — в 3,2...11,8 раза.

Таблица 1

Влияние величины вакуума в подсосковой камере на состояние молочной железы лактирующих коров, кПа

Показатели	Время наблюдения, мес.									
	1		2		3		4		5	
Продолжительность доения, мин	34...36	35...37	34...36	37...39	34...36	37...39	34...36	37...39	34...36	37...39
Раздражение вымени, %	8,41 ± 0,24	6,73 ± 0,28	7,85 ± 0,19	5,25 ± 0,18*	7,35 ± 0,31	4,56 ± 0,25***	8,22 ± 0,42	4,33 ± 0,14**	7,59 ± 0,34	4,15 ± 0,13***
Мастит субклинический, %	25,8	17,3	24,8	15,7	26,7	13,7	22,7	9,1	23,1	5,8
Мастит клинический, %	13,2	10,3	14,8	9,7	15,1	6,7	13,7	4,5	18,1	4,3
Содержание соматических клеток, тыс. /мл	6,7	5,1	7,2	4,7	5,7	3,5	5,4	1,7	5,9	0,5
Содержание соматических клеток, тыс. /мл	464,3 ± 32,1	307,8 ± 33,9	408,5 ± 45,1	289,1 ± 22,7**	435,6 ± 41,5	228,9 ± 22,1***	407,1 ± 44,4	202,4 ± 12,9**	428,7 ± 39,1	135,5 ± 13,7***

Примечание. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ — по сравнению с вакуумом в подсосковой камере 34...36 кПа.

Table 1

Effect of vacuum in teat chamber on condition of mammary gland in lactating cows, kPa

Indicators	Observation time, months									
	1		2		3		4		5	
Milking duration, min	34...36	35...37	34...36	37...39	34...36	37...39	34...36	37...39	34...36	37...39
Udder irritation, %	8.41 ± 0.24	6.73 ± 0.28	7.85 ± 0.19	5.25 ± 0.18*	7.35 ± 0.31	4.56 ± 0.25***	8.22 ± 0.42	4.33 ± 0.14**	7.59 ± 0.34	4.15 ± 0.13***
Subclinical mastitis, %	25.8	17.3	24.8	15.7	26.7	13.7	22.7	9.1	23.1	5.8
Clinical mastitis, %	13.2	10.3	14.8	9.7	15.1	6.7	13.7	4.5	18.1	4.3
Somatic cell count, thousand/ml	6.7	5.1	7.2	4.7	5.7	3.5	5.4	1.7	5.9	0.5
Somatic cell count, thousand/ml	464.3 ± 32.1	307.8 ± 33.9	408.5 ± 45.1	289.1 ± 22.7**	435.6 ± 41.5	228.9 ± 22.1***	407.1 ± 44.4	202.4 ± 12.9**	428.7 ± 39.1	135.5 ± 13.7***

Note. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ — compared to vacuum in teat chamber 34...36 kPa.

При определении числа соматических клеток в сборном молоке коров, доение которых происходило в доильном зале 1 (низкий вакуум в подсосковой камере), их количество составило 407,1...464,3 тыс./мл, что в 2,0...3,2 раза выше, чем в молоке коров, доение которых осуществлялось при достаточном вакууме в подсосковой камере (37...39 кПа).

Таким образом, недостаточный вакуум в подсосковой камере способствует повышению продолжительности доения, увеличению количества коров с раздражением вымени, заболеваемости субклиническим и клинически выраженным маститом, повышению количества соматических клеток и снижению сортности молока.

Еще одним параметром машинного доения, играющего большую роль в обеспечении физиологичности процесса получения молока, является минимальный поток молока при отключении доильных аппаратов. Согласно нормативным требованиям, данный показатель не относится к конкретизированным и подбирается индивидуально для каждого поголовья животных.

Изучение влияния минимального потока молока при отключении доильного аппарата показало (табл. 2), что при низком минимальном потоке (250,0 г/мин) время доения у животных составляет 7,45...8,12 мин, а поэтапное увеличение потока (50,0 г/мин) один раз в месяц на протяжении пяти месяцев и доведение его до уровня 500,0 г/мин способствовало сокращению времени доения коров до 4,24...4,75 мин.

Увеличение минимального потока молока при отключении доильного аппарата обеспечило снижение количества коров с раздражением вымени в 3,9 раза, больных субклиническим маститом — в 4,1 раза, клинически выраженным маститом — в 21,2 раза и числа соматических клеток в сборном молоке — в 4,2 раза (145,5 тыс. /мл, что соответствует молоку высшего сорта).

Таким образом, повышение минимального потока молока при отключении доильных аппаратов препятствует так называемому «сухому доению», негативному влиянию вакуума на молочную железу, ее перераздражению и профилактирует развитие воспалительных процессов в ней.

Заключение

Несоблюдение технологических нормативов машинного доения коров даже на автоматической дойке (низкий «вакуум доения», минимальный поток молока при снятии доильных аппаратов) оказывает отрицательное влияние на физиологическое состояние молочной железы, проявляющееся увеличением продолжительности доения до 7,35...8,41 мин, количества животных с раздражением вымени — 2,5...4,0 раза, с субклиническим маститом — в 3,0...4,2 раза, клинически выраженным — в 3,2...21,2 раза и числа соматических клеток — в 2,0...4,2 раза. Полученные данные свидетельствуют о том, что даже на автоматизированной дойке существуют технологические проблемы, снижающие качество получаемой продукции, требующие регулярного контроля и внесения корректив в соответствии с выявленными нарушениями.

Таблица 2

Влияние величины минимального потока молока при отключении доильных аппаратов на состояние молочной железы лактирующих коров, г/мин

Показатели	Время наблюдения, мес.									
	1		2		3		4		5	
	250	300	250	350	250	400	250	450	250	500
Продолжительность доения, мин	7,51 ± 0,34	6,83 ± 0,38	7,75 ± 0,29	6,25 ± 0,21**	7,45 ± 0,41	5,16 ± 0,35***	8,12 ± 0,52	4,73 ± 0,24***	7,89 ± 0,44	4,25 ± 0,12***
Раздражение вымени, %	31,8	30,3	30,8	22,7	35,7	16,7	29,7	10,1	33,1	7,8
Мастит субклинический, %	15,2	14,3	17,8	12,7	16,1	9,7	19,7	6,5	18,1	3,5
Мастит клинический, %	20,7	19,1	17,2	15,7	19,7	10,5	21,2	5,7	19,9	0,9
Содержание соматических клеток, тыс. /мл	664,3 ± 42,1	607,8 ± 33,9	708,3 ± 55,1	450,1 ± 32,7***	635,6 ± 51,5	328,9 ± 22,1***	607,1 ± 44,4	202,6 ± 13,9***	628,7 ± 39,1	145,5 ± 12,7***

Примечание. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – по сравнению с минимальным потоком 250 г/мин.

Table 2

Effect of minimum milk flow when milking machines are turned off on condition of mammary gland in lactating cows, g/min

Indicators	Observation time, months									
	1		2		3		4		5	
	250	300	250	350	250	400	250	450	250	500
Milking duration, min	7.51 ± 0.34	6.83 ± 0.38	7.75 ± 0.29	6.25 ± 0.21**	7.45 ± 0.41	5.16 ± 0.35***	8.12 ± 0.52	4.73 ± 0.24***	7.89 ± 0.44	4.25 ± 0.12***
Udder irritation, %	31.8	30.3	30.8	22.7	35.7	16.7	29.7	10.1	33.1	7.8
Subclinical mastitis, %	15.2	14.3	17.8	12.7	16.1	9.7	19.7	6.5	18.1	3.5
Clinical mastitis, %	20.7	19.1	17.2	15.7	19.7	10.5	21.2	5.7	19.9	0.9
Somatic cell count, thousand/ml	664.3 ± 42.1	607.8 ± 33.9	708.3 ± 55.1	450.1 ± 32.7***	635.6 ± 51.5	328.9 ± 22.1***	607.1 ± 44.4	202.6 ± 13.9***	628.7 ± 39.1	145.5 ± 12.7***

Note. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ – compared with minimum flow of 250 g/min.

Список литературы

1. Inzaghi V., Zucali M., Thompson P.D., Penry J.F., Reinemann D.J. Changes in electrical conductivity, milk production rate and milk flow rate prior to clinical mastitis confirmation // *Ital. J. Anim. Sci.* 2021. Vol. 20. № 1. P. 1554—1561. doi: 10.1080/1828051X.2021.1984852
2. Симонов Г.А., Никифоров В.Е., Сереброва И.С., Иванова Д.А., Филиппова О.Б. Влияние роботизированного доения на качество молока // *Наука в центральной России*. 2020. № 2 (44). С. 117—124. doi: 10.35887/2305-2538-2020-2-117-124
3. Филиппова О.Б., Кийко Е.И. Экономические аспекты нарушения правил машинного доения в промышленном производстве молока // *Наука в центральной России*. 2013. № 6. С. 72—75.
4. Климов Н.Т., Михалёв В.И., Нежданов А.Г., Першин С.С. Технологические параметры машинного доения и заболеваемость коров маститом // *Ветеринария*. 2013. № 8. С. 37—39.
5. Конопельцев И.Г., Шулятьев В.Н. Воспаление вымени у коров. Киров ; СПб. : Вятская ГСХА, 2010. 335 с.
6. Ebrahimi M., Mohammadi-Dehcheshmeh M., Ebrahimi E., Petrovski K. Comprehensive analysis of machine learning models for prediction of subclinical mastitis: Deep Learning and Gradient-Boosted Trees outperform other models // *Comput. Biol. Med.* 2019. № 114. doi: 10.1016/j.compbiomed.2019.103456
7. Тяпугин Е.А., Тяпугин С.Е., Симонов Г.Ф. и др. Сравнительная оценка технологических факторов, влияющих на производство и качество молока, при разных технологиях доения // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2015. № 3. С. 50—53.
8. Гребенкин А.Д. Мастит под контролем настройка доильного оборудования // *Био*. 2015. № 4 (175). С. 12—14.
9. Bobbo T., Ruegg P.L., Stocco G., Fiore E., Gianesella M., Morgante M., Pasotto D., Bittante G., Cecchinato A. Associations between pathogen-specific cases of subclinical mastitis and milk yield, quality, protein composition, and cheese-making traits in dairy cows // *Journal of dairy science*. 2017. Vol. 100. № 6. P. 4868—4883. doi: 10.3168/jds.2016-12353
10. Сереброва И.С., Уэлин В.К., Никифоров В.Е. Производство и качество молока при различных технологиях доения и способах содержания // *Farm Animals*. 2016. № 2 (12). С. 10—12.
11. Tse C., Barkema H.W., DeVries T.J., Rushen J., Pajor E.A. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry // *Journal of dairy science*. 2017. Vol. 100. № 3. P. 2404—2414. doi: 10.3168/jds.2016-11521
12. Besier J., Bruckmaier R.M. Vacuum level sand milk flow dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows // *Journal of dairy science*. 2016. Vol. 99. № 4. P. 3096—3102. doi: 10.3168/jds.2015-10340
13. Климов Н.Т., Зимников В.И. Защита здоровья молочной железы коров: ветеринарно-технологические аспекты // *Молочная промышленность*. 2015. № 10. С. 69—70.
14. Alhussien M.N., Dang A.K. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview // *Vet. World*. 2018. № 11. P. 562—577. doi: 10.14202/vetworld.2018.562-577
15. Shabunin S.V., Klimov N.T., Nezhdanov A.G. Isignificance of physiological and technological factors in development of mastitis in lactating cows // *Reproduction Domestic Animals*. 2017. Vol. 52. № S3. P. 133. doi: 10.1111/rda.13026

References

1. Inzaghi V, Zucali M, Thompson PD, Penry JF, Reinemann DJ. Changes in electrical conductivity, milk production rate and milk flow rate prior to clinical mastitis confirmation. *Ital J Anim Sci*. 2021;20(1):1554—1561. doi: 10.1080/1828051X.2021.1984852
2. Simonov GA, Nikiforov VE, Serebrova IS, Ivanova DA, Filippova OB. The influence of robotic milking on the quality of milk. *Science in the Central Russia*. 2020;(2):117—124. (In Russ.). doi: 10.35887/2305-2538-2020-2-117-124
3. Filippova OB, Kiyko EI. Economic aspects of violation of the rules of machine milking in industrial milk production. *Science in the Central Russia*. 2013;(6):72—75. (In Russ.).
4. Klimov NT, Mikhalev VI, Nezhdanov AG, Pershin SS. Technological parameters of the mechanical milking and the incidence of mastitis in cows. *Veterinary Medicine*. 2013;(8):37—39. (In Russ.).
5. Konopeltsev IG, Shulyatiev VN. *Vospalenie vymeni u korov* [Inflammation of the udder in cows]. Kirov; Saint Petersburg; 2010. (In Russ.).

6. Ebrahimi M, Mohammadi-Dehcheshmeh M, Ebrahimie E, Petrovski KR. Comprehensive analysis of machine learning models for prediction of sub-clinical. *Comput Biol Med.* 2019;114:103456. doi: 10.1016/j.combiomed.2019.103456
7. Тяпугин ЕА, Тяпугин СЕ, Симонов ГА, Углин ВК, Никифоров ВЕ, Сереброва ИС. Comparative evaluation of technological factors, affecting the production and the quality of milk, various technologies of milking. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk.* 2015;(3):50—53. (In Russ.).
8. Grebenkin DA. Mastitis under control. Step 1. Control of the milking equipment. *Bio.* 2015;(4):47—49. (In Russ.).
9. Bobbo T, Ruegg PL, Stocco G, Fiore E, Gianesella M, Morgante M, et al. Associations between pathogen-specific cases of subclinical mastitis and milk yield, quality, protein composition, and cheese-making traits in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017;100(6):4868—4883. doi: 10.3168/jds.2016-12353
10. Serebrova IS, Uglin VK, Nikiforov VE. Production and quality of milk under various milking technologies and maintenance methods. *Farm Animals.* 2016;(2):10—12. (In Russ.).
11. Tse C, Barkema HW, DeVries TJ, Rushen J, Pajor EA. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *Journal of Dairy Science.* 2016;100(3):2404—2414. doi: 10.3168/jds.2016—11521
12. Besier J, Bruckmaier RM. Vacuum levels and milk flow dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2016;99(4):3096—3102. doi: 10.3168/jds.2015-10340
13. Klimov NT, Zimnikov VI. Veterinary-technological aspects of protection of mammary gland health in cows and milk quality decrease. *Dairy Industry.* 2015;(10):69—70. (In Russ.).
14. Alhussien MN, Dang AK. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Vet World.* 2018;11(5):562—577. doi: 10.14202/vetworld.2018.562-577
15. Shabunin SV, Klimov NT, Nezhdanov AG. Significance of physiological and technological factors in development of mastitis in lactating cows. *Reproduction in Domestic Animals.* 2017;52(S3):133. doi: 10.1111/rda.13026

Об авторах:

Михалёв Виталий Иванович — доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник сектора болезней органов воспроизводства крупного рогатого скота отдела экспериментальной терапии, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 114б; e-mail: mikhalevvit@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9684-4045 SPIN-код: 5252-8718

Зимников Виталий Иванович — кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник сектора болезней молочной железы крупного рогатого скота отдела экспериментальной терапии, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 114б; e-mail: ivanovich.vitalick@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-6371-7143 SPIN-код: 3281-7694

About authors:

Mikhalev Vitaliy Ivanovich — doctor of veterinary sciences, chief researcher, sector of bovine reproductive organ diseases, department of experimental therapy, All-Russian veterinary research institute of pathology, pharmacology and therapy, 114b Lomonosov st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: mikhalevvit@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-9684-4045 SPIN-code: 5252-8718

Zimnikov Vitaliy Ivanovich — candidate of veterinary sciences, senior researcher, sector of bovine mammary gland diseases, department of experimental therapy, All-Russian veterinary research institute of pathology, pharmacology and therapy, 114b Lomonosov st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: ivanovich.vitalick@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-6371-7143 SPIN-code: 3281-7694




DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-517-529

УДК 619:616.711.6/.7:636.7

EDN CLBMOC

Научная статья / Research article

Клиническая эффективность эпидурального введения бетаметазона при пояснично-крестцовом стенозе у собак

С.А. Ягников^{1,2}  , Л.С. Барсегян¹ ¹Центр ветеринарной хирургии «ВетПрофАльянс», г. Москва, Российская Федерация²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация yagnikovorc@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты консервативного лечения дегенеративного пояснично-крестцовый стеноза (ДПКС) у собак. Впервые показана клиническая эффективность эпидурального введения противовоспалительного препарата Дипроспан (бетаметазон) при ДПКС. Выборка животных для анализа результатов лечения составила 32 пациента, которым с 2023 по июнь 2024 г. проводили лечение в центре ветеринарной хирургии «ВетПрофАльянс». Сопоставимые данные в историях болезни и обратная связь для оценки результатов лечения была установлена с владельцами 22 пациентов. Анализу подвергнуты 22 истории болезни. Для исключения возможных сопутствующих ортопедических патологий выполняли рентгенографическое исследование коленного и скакательного суставов в медиолатеральной проекции и тазобедренных суставов в вентродорсальной проекции. Из группы исследования исключили пациентов с дископандилитом на уровне пояснично-крестцового отдела. Все собаки с пояснично-крестцовым стенозом относились к крупным и гигантским породам собак. Возраст проявления клинической симптоматики — от 6 до 11 лет, также отмечена породная вариабильность к данному заболеванию. По половому признаку преобладают самцы — 59 % (13 из 22). При этом 69 % (9 из 13) самцов были кастрированы и 78 % (7 из 9) самок стерилизованы. Ожирение в данной группе наблюдения имели 32 % (7 из 22) собак, а избыточную массу тела — 50 % (11 из 22). Исследованиями установлено, что инъекции дипроспана с интервалом 20...30 суток могут полностью нивелировать неврологические симптомы у 50 % собак с 1–4-й степенью неврологических расстройств, вызванных пояснично-крестцовым стенозом. У 22 из 32 пациентов результат лечения был оценен как положительный с улучшением состояния пациента или достижений полной ремиссии.

Ключевые слова: дегенеративный пояснично-крестцовый стеноз, эпидуральные инъекции, лечение, отдаленные результаты

© Ягников С.А., Барсегян Л.С., 2024

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

Вклад авторов: Ягников С.А. — концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, интерпретация данных, анализ и обобщение результатов исследования подготовка текста; Барсегян Л.С. — администрирование, валидация методов, работа с литературой.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Препарат закуплен за счет средств «ВетПрофАльянс» через розничную торговую сеть.

История статьи: поступила в редакцию 05.08.2024; принята к печати 05.09.2024.

Для цитирования: Ягников С.А., Барсегян Л.С. Клиническая эффективность эпидурального введения бетаметазона при пояснично-крестцовом стенозе у собак // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 517–529. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-517-529

Clinical efficacy of epidural injection of betamethasone in dogs with lumbosacral stenosis

Sergey A. Yagnikov^{1, 2}  , Lusine S. Barseghyan² 

¹VetProfAlliance Veterinary Surgery Centers, *Chekhov, Russian Federation*

²RUDN University, *Moscow, Russian Federation*

 yagnikovorc@yandex.ru

Abstract. Results of conservative treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs are presented. For the first time, clinical efficacy of epidural injection of anti-inflammatory drug Diprosan (betamethasone) in dogs with lumbosacral stenosis was shown. 32 animals were treated at VetProfAlliance Veterinary Surgery Center from 2023 to June 2024. Comparable data in case histories and feedback for evaluating treatment outcomes were established with the owners of 22 dogs. 22 case histories were analyzed. To exclude possible concomitant orthopedic pathologies, X-ray examination of knee and hock joints in mediolateral projection and hip joints in ventrodorsal projection was performed. Patients with discospondylitis at lumbosacral level were excluded from the study group. All dogs with lumbosacral stenosis belonged to large and giant dog breeds. The age of clinical symptoms is from 6 to 11 years old, and breed variability to this disease was also noted. Males predominate by gender — 59% (13/22). At the same time, 69% (9/13) of males were castrated and 78% (7/9) of females were sterilized. 32% (7/22) of dogs in this group were obese, and 50% (11/22) were overweight. Studies have found that Diprosan injections with 20...30 days interval can completely neutralize neurological symptoms in 50% of dogs with 1...4 degrees of neurological disorders caused by lumbosacral stenosis. In 22 out of 32 dogs, the result of treatment was assessed as positive with improvement in condition or achievement of complete remission.

Keywords: degenerative lumbosacral stenosis, epidural injections, treatment, long-term results

Author contributions. Yagnikov S.A. — conceptualization, work with literature, conducting experiments, data interpretation, analysis and generalization of research results, manuscript writing; Barseghyan L.S. — administration, validation of methods, work with literature.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests. The drug was purchased using funds from VetProfAlliance through the retail trade network.

Article history: Received: 5 August 2024. Accepted: 5 September 2024.

For citation: Yagnikov SA, Barseghyan LS. Clinical efficacy of epidural injection of betamethasone in dogs with lumbosacral stenosis. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):517–529. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-517-529

Введение

Дегенеративный пояснично-крестцовый стеноз (ДПКС) имеет многофакторное происхождение, в котором важную роль играет дегенерация межпозвонковых дисков (МПД) [1—4]. К признакам, соответствующим ДПКС, относят сужение пространства между межпозвонковыми дисками, вентральный или боковой спондилез, склероз концевых пластинок каудального полюса LVII и краниального полюса SI, а также вентральное смещение SI–SIII [3—6]. При этом, важно досконально изучить анатомию костных структур уровня L VII–SI, зоны выхода спинномозговых нервов, степень смещения фиброзного кольца диска [3, 7—9], использовать все возможности визуализации для выявления дегенерации МПД и поражения нервной ткани при диагностике патологии пояснично-крестцового отдела позвоночного столба [5, 6, 10—17], а также уделить внимание патогномичному признаку, исключая патологию, проявляющуюся схожими клиническими проявлениями [4].

Важно учитывать, что спинномозговые нервы, составляющие *cauda equina*, более устойчивы к сдавливанию, чем сам спинной мозг, и экспериментальные исследования показали, что конский хвост у собак может выдерживать значительное сжатие без повреждения нервных волокон. Следовательно, при пояснично-крестцовом стенозе с сопутствующими неврологическими расстройствами (атаксия, парализация, проприоцептивный дефицит и пр.) были исключены другие заболевания, такие как дегенеративная миелопатия, экструзия или протрузия МПД груднопоясничного отдела, дискоспондилит, неоплазия и другие [2, 4]. Это подтверждается исследованием С. La Rosa и соавторов, где показано, что распространенность пояснично-крестцового стеноза, ассоциированного с протрузией диска L VII–SI составляет 91,3 % в популяции французских бульдогов. При этом у 56,2 % собак изменения в пояснично-крестцовом отделе протекают полностью бессимптомно и только у 15,1 % животных сопровождаются гипорефлексией коленного и сгибательного рефлексов [18].

Нет единого мнения о выборе лечения для собак с ДПКС. Лечение у животных с умеренным течением, как правило, консервативное, с использованием нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) [12, 14, 16, 19—23]. Оперативное лечение ДПКС имеет высокий процент осложнений: от 20 до 60 % [24, 25]. По данным М. Ness из 16 собак, получавших НПВС-терапию и 8...10-недельное снижение уровня физической активности, по сообщениям владельцев, только у 50 % наступил хороший исход [12]. В работе S. De Decker и соавторов у 55 % собак с ДПКС удалось достигнуть стойкой ремиссии при использовании НПВС-терапии в комбинации с габапентином и ограничением физической нагрузки. Однако 10 (32 %) животным потребовалось хирургическое лечение в связи с отсутствием положительной динамики, а 3 (10 %) были подвергнуты эвтаназии из-за прогрессирования клинических признаков [26]. Одним из описанных вариантов консервативного лечения ДПКС у людей является локальное эпидуральное введение кортикостероидов. При эпидуральной инфильтрации назначают метилпреднизолон, бетаметазон или триамцинолон [5, 11, 13, 17, 20, 27, 28].

Благодаря лучшему пониманию патофизиологии патологии пояснично-крестцового стеноза у людей и распространению подхода, в ряде стран эпидуральная, перидуральная и интрафораминальная инфильтрация стали использоваться как приоритетный вариант лечения, особенно у тех пациентов, которые не реагировали на снижение физической активности и противовоспалительные препараты. Интервалы между процедурами у людей значительно различаются: от одной инфильтрации до трех с интервалом в две недели или четырех в течение года. Сообщается, что клинические результаты таких инфильтраций у людей сопоставимы с результатами декомпрессионной хирургии [14, 20, 27, 28].

В ветеринарии локальное эпидуральное введение пролонгированных глюкокортикостероидов (ГКС) не рассматривается как доступный метод консервативного лечения собак с ДПКС и не имеет широкой доказательной базы эффективности [19, 21, 23].

Наибольшая выборка пациентов представлена L. Janssens и соавторами [27]. В исследование включили 38 собак. Всем собакам провели эпидуральную инфильтрацию концентрированной формой метилпреднизолона ацетата в концентрации 40 мг/мл под флюороскопическим контролем. Средняя продолжительность эффекта после трех инъекций составила 4,5 месяца (от 1 недели до 46 месяцев). У всех собак наблюдалось клиническое улучшение в среднем через 11 дней (4–14 дней). В конце исследования (5–66 месяцев) 30 владельцев сообщили об улучшении клинических признаков у своих собак, а 20 из них, считали, что у их собак полностью отсутствуют клинические признаки данной патологии, что подтвердилось ранее проведенными исследованиями на 25 животных [27].

Безопасность эпидурального введения препаратов при строгом соблюдении правил асептики и антисептики остается высокой. В медицине человека «слепой» способ введения препаратов показывает высокую эффективность доставки действующего вещества и низкий процент осложнений [129]. Была проведена оценка инъекционного доступа через трансфораминальную эпидуральную или трансламинарную эпидуральную инъекцию ацетата метилпреднизолона (0,1 мг/кг) у 15 здоровых собак породы Бигль. Инъекции метилпреднизолона были успешно выполнены 14 из 15 собак [30].

В научной литературе чаще представлены исследования, основанные на использовании метилпреднизолона или триамцинолона. Эффективность и безопасность применения бетаметазона в ветеринарной медицине практически не представлена. В работе G. Lee и соавторов [28] проводилась оценка безопасности эпидурального применения, в т.ч. дисперсного бетаметазона. В сравнении с дексаметазоном, бетаметазон при отделенном рассмотрении результатов показывал большую эффективность, при этом доля положительно реагирующих пациентов уже через 2 недели не выявляла отличий между группами с применением дексаметазона (63/200, 31,5 %) и бетаметазона (72/216, 33,3 %). Однако, побочные явления были более частыми при применении дексаметазона (40/200, 20,0 %), чем при применении бетаметазона (24/216, 11,1 %). Показатель неде-

способности значительно улучшился при использовании бетаметазона по сравнению с дексаметазоном через 2, 4 и 8 недель. При этом Z. McCormick и соавторы сообщают о большей эффективности применения триамцинолона в сравнении с бетаметазоном. У 44,4 % пациентов, получавших триамцинолон, наблюдалось снижение боли более чем на 50 % при краткосрочном наблюдении (1–4 недели) по сравнению с пациентами, получавшими бетаметазон (26,8 %) [11]. Также, исследователи отмечают, что данный метод показывает высокую эффективность и может быть рассмотрен в качестве альтернативы хирургического лечения ДПКС [13, 17]. Вместе с этим, следует отметить, что оценка эффективности и безопасности применения таких лекарственных средств как бетаметазон при лечении собак с ДПКС требует большей выборки и проведения ряда дополнительных исследований.

Цель исследования — изучить клиническую эффективность эпидурального введения противовоспалительного препарата Дипроспан (бетаметазон) при ДПКС.

Задачи:

1. Изучить половую, возрастную, породную предрасположенность у собак к пояснично-крестцовому стенозу.
2. Оценить осложнения, возникающие у собак после введения препарата, и проанализировать вероятность возникновения осложнений эпидурального введения препарата.
3. Исследовать динамику коррекции неврологических симптомов после эпидурального введения препарата Дипроспан у собак с ДПКС.

Материалы и методы исследования

Выборка животных для анализа результатов лечения составила 32 пациента, которые с 2023 по июнь 2024 г. были доставлены владельцами в клиники ветеринарной хирургии «ВетПроФАльяс» в городах Москва и Чехов. Сопоставимые данные в историях болезни и обратную связь для оценки результатов лечения установили с владельцами 22 пациентов. Проанализировали 22 истории болезни. Для верификации неврологического диагноза всем животным проводили неврологическое обследование — оценивали способность к передвижению тазовыми конечностями, оценивали коленный, сгибательный, анальный рефлексы, тонус мышц тазовой конечности. Выполняли рентгенографическое исследование грудного и поясничного отделов позвоночного столба в латеромедиальной проекции и магнитно-резонансную томографию (МРТ) грудного и поясничного отделов позвоночного столба (рис. 1). Степень неврологических расстройств оценивали по методу Scott and McKee 1999 г., общее состояние животного — на основании анализа анамнеза жизни и болезни, клинического и биохимического анализов крови, УЗИ брюшной полости. Немецким овчаркам при подозрении на дегенеративную миелопатию проводили генетический тест для исключения данного заболевания (Экзон 2 Degenerative Myelopathy, DM Ex2).

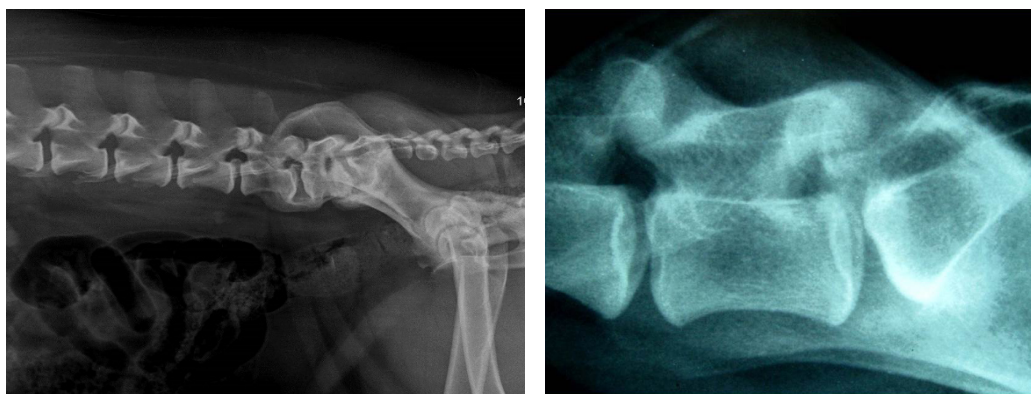


Рис. 1. Рентгенограмма позвоночного столба собаки в латеромедиальной проекции на правом боку. Определяется сужение межпозвоночного пространства между телами позвонков L7-S1, вентральный спондилез L6-L7-S1, склероз концевых пластинок каудального полюса L6–7 и краниального полюса S1, а также вентральное смещение S1–3

Источник: выполнили С.А. Ягников, Л.С. Барсегян

Fig. 1. Radiograph of the dog's vertebral column in lateromedial projection on the right side: narrowing of the intervertebral space between the bodies of vertebrae L7-S1, ventral spondylosis of L6-L7-S1, sclerosis of the end plates of caudal pole of L6–7 and cranial pole of S1, ventral displacement of S1–3

Source: created by S.A. Yagnikov, L.S. Barsegyan

Для исключения сопутствующих ортопедических патологий, способных вызывать схожую клиническую симптоматику, оценивали конфигурацию коленных и скакательных суставов, болевой симптом при флексии и экстензии скакательного сустава, болевой симптом при флексии коленного сустава с супинацией, наличие симптома «переднего выдвигающего ящика» и компрессионного теста в коленном суставе, болевой симптом при ротации тазобедренных суставов, а также наличие/отсутствие положительного симптома Ортолани и/или Барденса. Для исключения ортопедических патологий выполняли рентгенографическое исследование коленного и скакательного суставов в медиолатеральной проекции и тазобедренных суставов в вентродорсальной проекции. Из группы исследования исключили пациентов с дискоспондилитом на уровне пояснично-крестцового отдела позвоночного столба. Кондицию тела животного оценивали по степени определения межреберных промежутков, отложения жировой клетчатки в проекции крыльев подвздошной кости и основания хвоста, а также провислости живота. При подтверждении протрузии межпозвоночного диска и гипертрофии желтой связки на уровне L7-S1 при МРТ исследовании (рис. 2) и отсутствии других значимых компрессионных, дегенеративных, воспалительных поражений позвоночного столба и спинного мозга, в случае нежелания владельцев выполнять хирургическое лечение рекомендовали в качестве основного лечения неврологического дефицита эпидуральное введение Дипроspana.

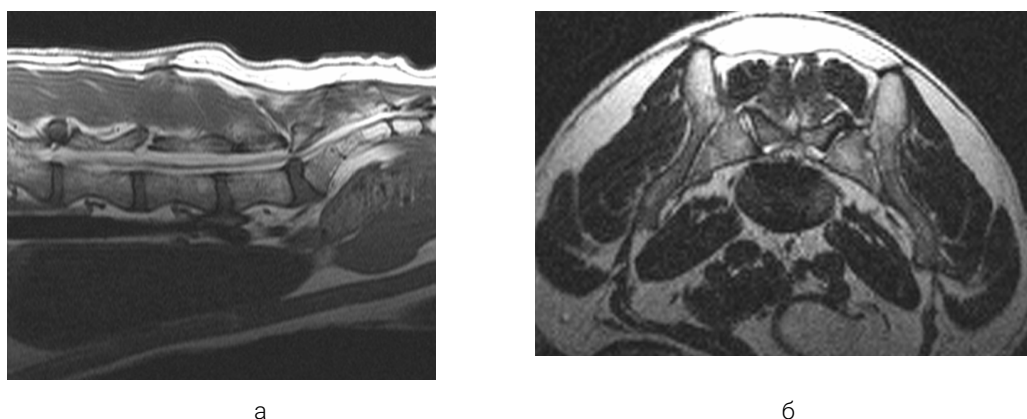


Рис. 2. МР-томограмма пояснично-крестцового отдела позвоночного столба собаки: сагиттальный (а) и сегментальный (б) срез. Протрузия межпозвоночного диска на уровне L7-S1 с миграцией фиброзного кольца в позвоночный канал. Фораминальный стеноз, с компрессией спинномозговых нервов на данном уровне

Источник: выполнили С.А. Ягников, Л.С. Барсегян

Fig. 2. MRI of lumbosacral spine of dog: sagittal (a) and segmental (б) section. Protrusion of intervertebral disc L7-S1 with migration of fibrous ring into spinal canal. Foraminal stenosis with compression of spinal nerves at L7-S1 level

Source: created by S.A. Yagnikov, L.S. Barsegyan

В качестве лечебного лекарственного средства всегда использовали препарат Дипроспан (комбинированная суспензированная инъекционная форма бетаметазона, содержащая в 1 мл бетаметазона натрия фосфат — 2,63 мг и бетаметазона дипропионата — 6,43 мг). Собакам массой от 20 до 30 кг препарат вводили в дозе 0,8 мл, а собакам массой тела более 30 кг — 1,0 мл в разведении 1:1 0,9% изотоническим раствором NaCl. Процедуру проводили с использованием общей анестезии. Для индукции применяли пропофол (4...6 мг/кг), при необходимости проводили интубацию трахеи (интратрахеальные тубусы с манжетами необходимого размера). После седации животное укладывали на живот, тазовые конечности свешивали со стола вниз для увеличения междужкового пространства. Определяли место инъекции путем пальпации остистого отростка седьмого поясничного позвонка и первого крестцового позвонка. Процедуру осуществляли с соблюдением правил асептики и антисептики. Перед проведением инъекции удаляли шерстный покров на необходимом участке. Кожный покров обрабатывали 0,05% спиртовым раствором хлоргексидина. В пространство между двумя остистыми отростками L7-S1 вводили иглу спинальную 20–22G или иглу от внутривенной канюли 18–20G до упора в дужку первого крестцового позвонка, отводили иглу на себя, а затем, придав игле наклон 10...15° и удерживая иглу в сагиттальной плоскости, проводили ее в эпидуральное пространство. Попаданием иглы в эпидуральное пространство оценивали по легкости хода иглы после преодоления желтой связки. При выделении ликвора по игле смещали иглу вниз до упора в тело позвонка, добиваясь прекращения тока ликвора, при

получении крови осуществляли повторное проведение спинальной иглы в эпидуральное пространство. Раствор вводили медленно в течение 20...30 с. Во всех случаях отмечали свободное введение препарата.

Результаты исследования и обсуждение

Ретроспективный анализ показал, что все животные были представителями крупных, очень крупных и гигантских пород собак. Масса тела варьировала от 25 до 54 кг и в среднем составила 38,8 кг. Собаки очень крупных пород с массой тела от 30 до 50 кг составили 59 % (13 из 22), средняя масса тела — 38,9 кг; крупные породы массой тела от 20 до 30 кг — 23 % (5 из 22), средняя масса тела — 27,6 кг; с гигантской массой тела более 50 кг — 18 % (4 из 22), средняя масса тела составила 52,5 кг. При оценке кондиции собак, представленных в данной группе исследования, мы установили, что 32 % собак (7 из 22) имели ожирение, а 50 % (11 из 22) — избыточную массу тела. Остальные 18 % имели нормальную конституцию. Породы животных имели значительную вариабильность и были представлены в группе исследования по одному животному. Только собаки пород немецкая овчарка, питбультерьер и лабрадор были представлены двумя особями каждая. По половому признаку самки составили 41 % (9 из 22), самцы — 59 % (13 из 22). При этом 78 % (7 из 9) самок были стерилизованы и 69 % (9 из 13) самцов были кастрированы. Возраст животных варьировал от 6 до 11 лет. Животные с 6 до 10 лет составили 91 % (20 из 22), животные старше 10 лет — 9 % (2 из 22). У всех собак (100 %) по результатам МРТ сканирования выявили локализацию протрузии межпозвоночного диска с гипертрофией желтой связки и выраженной невральной компрессией на уровне L7-S1 (рис. 2).

Во всех наблюдениях не было отмечено локальных осложнений после введения иглы в эпидуральное пространство, а также ухудшения неврологического статуса пациента. На момент обращения в клинику 41 % собак (9 из 22) имели третью степень неврологического дефицита (парапарез тазовых конечностей с периодической потерей способности к передвижению на тазовых конечностях и их волочением), 36 % собак — вторую (парапарез тазовых конечностей), 18 % — четвертую (паралегия тазовых конечностей с сохранением глубокой болевой чувствительности), 1 пациент — первую (только болевой симптом). Все животные после первой инъекции Дипроспана эпидурально имели положительную динамику в среднем на 5–6-е сутки:

- 1-й степени неврологических расстройств — на 3-и сутки;
- 2-й степени — 5-е сутки (от 3 до 7 суток);
- 3-й степени — 6-е сутки (от 3 до 9 суток);
- 4-й степени — 6-е сутки (от 3 до 8 суток).

На фоне однократного введения дипроспана эпидурально владельцы 32 % (7 из 22) животных отметили осложнения: полидипсию и полиурию. Еще 8 владельцев животных отметили у своих питомцев легкую полидипсию без изменения режима и объема мочеиспускания. Оставшиеся 7 владельцев животных не отметили никаких изменений в приеме воды и мочеиспускании у их животных на фоне лечения Дипроспаном. Среднее время

полиурии и полидипсии после инъекции Дипроспана составило 4 суток (от 3 до 7 суток). Особенный «дискомфорт» от данного осложнения испытывали владельцы животных, живущие в квартире. Симптомы полиурии и полидипсии проходили самостоятельно, не требуя специального лечения. Владельцам рекомендовали не ограничивать животное в доступе к воде. Повторная инъекция Дипроспана была выполнена 16 из 22 животных при сохранении неврологической симптоматики у пациента, при отсутствии выраженных клинических симптомов полиурии и полидипсии, а также животным на 18–20-е сутки после первого введения Дипроспана.

Повторная эпидуральная инъекция была выполнена 16 из 22 животных при сохранении неврологической симптоматики у пациента на 18–20-е сутки. Критериями для отказа от повторных инъекций являлись выраженное клиническое улучшение с нивелированием симптоматики или отказ владельцев в связи с выраженной полиурией и полидипсией.

По результатам, приведенным в таблице, видно, что у 50 % (11 из 22) животных после одной-двух инъекций Дипроспана, введенных эпидурально, полностью нивелировались клинические симптомы. Другие животные имели положительную динамику.

Динамика изменения неврологического дефицита у собак на 30–40-е сутки после однократной или двукратной инъекции Дипроспана эпидурально

№	Порода	Возраст, лет	Масса тела, кг	Пол	Локализация протрузии межпозвонкового диска	Степень неврологических расстройств на момент обращения	Степень неврологических расстройств после лечения	Ремиссия на момент последнего контакта с владельцем животного, мес.
1	Немецкая овчарка	8	45	Самка	L7-S1	3	нет	7
2	Кане корсо	10	48	Самка	L7-S1	4	2	6
3	Зинненхунд бернский	6	52	Самка	L7-S1	3	2	4
4	Метис	7	36	Самец	L7-S1	4	нет	8
5	Метис	10	38	Самец	L7-S1	3	нет	12
6	Лайка	11	28	Самка	L7-S1	3	1	7
7	Пит буль терьер	11	25	Самец	L7-S1	2	нет	3
8	Немецкая овчарка	8	39	Самка	L7-S1	2	нет	4
9	Пит буль терьер	9	25	Самец	L7-S1	2	2	8
10	Кане корсо	6	54	Самка	L7-S1	3	нет	14
11	Метис	8	34	Самец	L7-S1	2	нет	3
12	Дратхар	7	34	Самец	L7-S1	3	2–1	5
13	Курцхар	6	37	Самец	L7-S1	2	1	2,5
14	Веймаранер	8	40	Самка	L7-S1	4	2	3
15	Английский сеттер	10	33	Самец	L7-S1	3	1–2	15
16	Венгерская выжгла	10	30	Самка	L7-S1	2	нет	2
17	Ротвейлер	8	52	Самка	L7-S1	4	2	4
18	Американская акита	7	43	Самец	L7-S1	3	2	5
19	Самоед	7	30	Самец	L7-S1	3	1	10
20	Лабрадор	7	39	Самец	L7-S1	2	нет	3
21	Лабрадор	6	40	Самец	L7-S1	1	нет	7
22	Среднеазиатская овчарка	8	52	Самец	L7-S1	2	нет	4

Changes in neurological deficit in dogs on the 30th–40th day after a single or double epidural injection of Diprosan

№	Breed	Age, years	Body weight, kg	Gender	Location of intervertebral disc protrusion	Degree of neurological disorders before treatment	Degree of neurological disorders after treatment	Remission at the time of last contact with the owner, months
1	German Shepherd	8	45	Female	L7-S1	3	no	7
2	Cane Corso	10	48	Female	L7-S1	4	2	6
3	Bernese Sennenhund	6	52	Female	L7-S1	3	2	4
4	Mixed breed	7	36	Male	L7-S1	4	no	8
5	Mixed breed	10	38	Male	L7-S1	3	no	12
6	Laika	11	28	Female	L7-S1	3	1	7
7	Pit Bull Terrier	11	25	Male	L7-S1	2	no	3
8	German Shepherd	8	39	Female	L7-S1	2	no	4
9	Pit Bull Terrier	9	25	Male	L7-S1	2	2	8
10	Cane Corso	6	54	Female	L7-S1	3	no	14
11	Mixed breed	8	34	Male	L7-S1	2	no	3
12	Drahthaar	7	34	Male	L7-S1	3	2–1	5
13	Kurzhaar	6	37	Male	L7-S1	2	1	2.5
14	Weimaraner	8	40	Female	L7-S1	4	2	3
15	English Setter	10	33	Male	L7-S1	3	1–2	15
16	Hungarian Vyzgla	10	30	Female	L7-S1	2	no	2
17	Rottweiler	8	52	Female	L7-S1	4	2	4
18	American Akita	7	43	Male	L7-S1	3	2	5
19	Samoyed	7	30	Male	L7-S1	3	1	10
20	Labrador	7	39	Male	L7-S1	2	no	3
21	Labrador	6	40	Male	L7-S1	1	no	7
22	Central Asian Shepherd	8	52	Male	L7-S1	2	no	4

Анализ длительности ремиссии неврологической симптоматики (см. табл.) после эпидурального введения Дипроспана показывает большую вариабильность. В нашем наблюдении длительность ремиссии варьировала от 2–3 до 12–15 месяцев. При рецидиве болевого симптома и прогрессировании неврологического дефицита в 5 наблюдениях мы имели положительный отклик на повторное введение Дипроспана эпидурально.

Заключение

Все исследуемые собаки с пояснично-крестцовым стенозом относились к крупным и гигантским породам собак. Возраст проявления клинической симптоматики от 6 до 11 лет. По половому признаку преобладали самцы 59 % (13 из 22). При этом 69 % (9 из 13) самцов были кастрированы и 78 % (7 из 9) самок стерилизованы. Ожирение в данной группе наблюдения имели — 32 % (7 из 22) собак, а 50 % (11 из 22) избыточную массу тела. Вместе с этим, отмечена породная вариабильность к заболеванию.

Введение дипроспана осуществляли эпидурально с использованием общей анестезии; собакам массой от 20 до 30 кг препарат вводили в дозе 0,8 мл, а соба-

кам массой тела более 30 кг в дозе 1,0 мл в разведении 1:1 0,9% изотоническим раствором NaCl. При этом, следует отметить, что у собак с пояснично-крестцовым стенозом без выраженных сопутствующих патологий в 32 % случаев была установлена полидипсия и полиурия, среднее время продолжительности которой составляло от 3 до 7 суток.

Результаты показали, что одна-две инъекции Дипроспана с интервалом 20...30 суток в диапазоне доз 0,8...1,0 мл могут полностью купировать неврологические симптомы у 50 % собак с 1–4-й степенью неврологических расстройств, вызванных пояснично-крестцовым стенозом. Другие животные этой группы имели также положительную динамику снижения степени неврологических расстройств. Проведенными исследованиями доказана перспективность использования эпидурального введения комбинированной формы бетаметазона у собак при предварительной оценке. Однако необходимы исследования на больших группах для оценки системных и локальных изменений.

Список литературы/ References

1. Suwankong N, Meij BP, Voorhout G, De Boer AH, Hazewinkel HAW. Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2008;21(3):285—293. doi: 10.1055/s-0037-1617374
2. Worth AJ, Hartman A, Bridges JP, Jones BR, Mayhew JIG. Computed tomographic evaluation of dynamic alteration of the canine lumbosacral intervertebral neurovascular foramina. *Veterinary surgery*. 2017;46(2):255—264. doi: 10.1111/vsu.12599
3. Worth AJ, Thompson DJ, Hartman AC. Degenerative lumbosacral stenosis in working dogs: current concepts and review. *New Zealand Veterinary Journal*. 2009;57(6):319—330. doi: 10.1080/00480169.2009.64719
4. Worth A, Meij B, Jeffery N. Canine degenerative lumbosacral stenosis: prevalence, impact and management strategies. *Veterinary Medicine: research and reports*. 2019;10:169—183. doi: 10.2147/VMRR.S180448
5. Scharf G, Steffen F, Grüenfelder FI, Morgan JP, Flückiger M. The lumbosacral junction in working German Shepherd dogs — neurological and radiological evaluation. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 2004;51(1):27—32. doi: 10.1111/j.1439-0442.2004.00587.x
6. Suwankong N, Voorhout G, Hazewinkel HA, Meij BP. Agreement between computed tomography, magnetic resonance imaging, and surgical findings in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2006;229(12):1924—1929. doi: 10.2460/javma.229.12.1924
7. Henninger W, Werner G. CT examination of the canine lumbosacral spine in extension and flexion. Part 1: Bone window. *Eur J Companion Anim Pract*. 2003;13(2):215—226.
8. Henninger W, Werner G. CT examination of the canine lumbosacral spine in extension and flexion. Part 2: Soft-tissue window. *Eur J Companion Anim Pract*. 2003;13(2):227—233.
9. Jones JC, Cartee RE, Bartels JE. Computed tomographic anatomy of the canine lumbosacral spine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1995;36(2):91—99. doi: 10.1111/j.1740-8261.1995.tb00223.x
10. Mayhew PD, Kapatkin AS, Wortman JA, Vite CH. Association of cauda equina compression on magnetic resonance images and clinical signs in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2002;38(6):555—562. doi: 10.5326/0380555
11. McCormick Z, Kennedy DJ, Garvan C, Rivers E, Temme K, Margolis S. Comparison of pain score reduction using triamcinolone vs. betamethasone in transforaminal epidural steroid injections for lumbosacral radicular pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015;94(12):1058—1064. doi: 10.1097/PHM.0000000000000296
12. Ness MG. Degenerative lumbosacral stenosis in the dog: a review of 30 cases. *Journal of Small Animal Practice*. 1994;35(4):185—190. doi: 10.1111/j.1748-5827.1994.tb01683.x
13. Roelofs P, Deyo RA, Koes BW, Scholten RJ, Van Tulder MW. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for low back pain: an updated Cochrane review. *Spine*. 2008;33(16):1766—1774. doi: 10.1097/BRS.0b013e31817e69d3

14. Sayegh FE, Kenanidis EI, Papavasiliou KA, Potoupnis ME, Kirkos JM, Kapetanos GA. Efficacy of steroid and nonsteroid caudal epidural injections for low back pain and sciatica: a prospective, randomized, double-blind clinical trial. *Spine*. 2009;34(14):1441—1447. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181a4804a
15. Scott HW, McKee WM. Laminectomy for 34 dogs with thoracolumbal disc disease and loss of deep pain perception. *Journal of Small Animal Practice*. 1999;40(9):417—422. doi: 10.1111/j.1748-5827.1999.tb03114.x
16. Staal JB, de Bie R, de Vet H, Hildebrandt J, Nelemans P. Injection therapy for subacute and chronic low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2008;(3): CD001824. doi: 10.1002/14651858.CD001824.pub3
17. Stolke D, Sollmann WP, Seifert V. Intra- and postoperative complications in lumbar disc surgery. *Spine*. 1989;14(1):56—59.
18. La Rosa C, Morabito S, Carloni A, Davini T, Remelli C, Specchi S, et al. Prevalence, MRI findings, and clinical features of lumbosacral intervertebral disc protrusion in French Bulldogs diagnosed with acute thoracic or lumbar intervertebral disc extrusion. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;10:1302418. doi: 10.3389/fvets.2023.1302418
19. Aprea F, Vettorato E. Epidural steroid and local anaesthetic injection for treating pain caused by coccygeal intervertebral disc protrusion in a dog. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2019;46(5):707—708.
20. Becker C, Heidersdorf S, Drewlo S, de Rodriguez SZ, Krämer J, Willburger RE. Efficacy of epidural perineural injections with autologous conditioned serum for lumbar radicular compression: an investigator-initiated, prospective, double-blind, reference-controlled study. *Spine*. 2007;32(17):1803—1808. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181076514
21. Bussi eres MP, Grasso S, Jull P. Preliminary evaluation of an indwelling epidural catheter for repeat methylprednisolone administration in canine lumbosacral stenosis. *The Canadian Veterinary Journal*. 2024;65(5):462—472.
22. De Decker S, Wawrzynski LA, Volk HA. Clinical signs and outcome of dogs treated medically for degenerative lumbosacral stenosis: 98 cases (2004—2012). *J Am Vet Med Assoc*. 2014;245(4):408—413. doi: 10.2460/javma.245.4.408
23. Dernek B, Aydođmuş S, Ulusoy I, et al. Caudal epidural steroid injection for chronic low back pain: a prospective analysis of 107 patients. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2022;35(1):135—139. doi: 10.3233/BMR-200262
24. Vilkovskiy IF, Vatikov YA, Yagnikov SA, Shpinkov DV, Rusnak IA. Surgical correction of degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Bulliten KrasSAU*. 2022;(12):161—167. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2022-12-161-167
- Вилковъский И.Ф., Ватников Ю.А., Ягников С.А., Шпиньков Д.В., Руснак И.А. Оперативная коррекция дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 12 (189). С. 161—167. doi: 10.36718/1819-4036-2022-12-161-167
25. Vilkovskiy IF. Dynamics of cerebrospinal fluid in correction of degenerative lumbosacral stenosis during the postoperative period in dogs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(3):382—391. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-382-391
- Вилковъский И.Ф. Динамика показателей спинномозговой жидкости в послеоперационный период при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 382—391. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-382-391
26. Chambers J. Degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Vet Med Rep*. 1989;1(2):166—180. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.05.006
27. Janssens L, Beosier Y, Daems R. Lumbosacral degenerative stenosis in the dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2009;22(6):486—491. doi: 10.3415/VCOT-08-07-0055
28. Lee GY, Lee JW, Lee E, Yeom JS, Kim KJ, Shin HI, et al. Evaluation of the efficacy and safety of epidural steroid injection using a nonparticulate steroid, dexamethasone or betamethasone: a double-blind, randomized, crossover, clinical trial. *The Korean Journal of Pain*. 2022;35(3):336—344. doi: 10.3344/kjp.2022.35.3.336
29. De Risio L, Sharp NJ, Olby NJ, Mu ana KR, Thomas WB. Predictors of outcome after dorsal decompressive laminectomy for degenerative lumbosacral stenosis in dogs: 69 cases (1987—1997). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2001;219(5):624—628. doi: 10.2460/javma.2001.219.624
30. Liotta AP, Girod M, Peeters D, Sandersen C, Couvreur T, Bolen G. Clinical effects of computed tomography — guided lumbosacral facet joint, transforaminal epidural, and translaminar epidural injections of methylprednisolone acetate in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2016;77(10):1132—1139. doi: 10.2460/ajvr.77.10.1132

Об авторах:

Ягников Сергей Александрович — доктор ветеринарных наук, профессор, руководитель центра ветеринарной хирургии «ВетПрофАльянс», Российская Федерация, 142306, г. Чехов, ул. Маркова, д. 6; профессор департамента ветеринарной медицины, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: yagnikovorc@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-2567-272X SPIN-код: 3104-7566

Барсегян Лусинэ Самвеловна — кандидат ветеринарных наук, ветеринарный врач-хирург московского филиала центра ветеринарной хирургии «ВетПрофАльянс», Российская Федерация, 119571, Москва, ул. Ак. Анохина, д. 58, кор. 2; e-mail: vetprophy@mail.ru

ORCID: 0009-0007-0329-9748

About authors:

Yagnikov Sergey Aleksandrovich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of VetProfAlliance Veterinary Surgery Centers; 6 Markova st., Chekhov, 142306, Russian Federation; Professor, Department of Veterinary Medicine, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: yagnikovorc@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-2567-272X SPIN-code: 3104-7566

Barseghyan Lusine Samvelovna — Candidate of Veterinary Sciences, Veterinarian-surgeon, Moscow branch of the VetProfAlliance Veterinary Surgery Center, 58/2 Ak. Anokhina st., Moscow, 119571, Russian Federation; e-mail: vetprophy@mail.ru

ORCID: 0009-0007-0329-9748



DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-530-537

УДК 619:618.96:569.822.2–086

EDN CNXBIL

Научная статья / Research article

Трансбуккальные пленки в ветеринарной медицине: сравнительное исследование влияния лекарственных форм на клинико-биохимические показатели крови

А.С. Карамян¹  , Ж. Баннуд²¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация²Клиника «Ветлайф», г. Москва, Российская Федерация karamyan-as@rudn.ru

Аннотация. В современной ветеринарной фармакологии и терапии крайне важна возможность контроля дозирования, доставки, высвобождения лекарственного средства, а также минимальная фиксация животного и отсутствие пост инъекционных реакций. Решение этих задач с целью успешной реализации фармакокоррекции патологии животных обуславливает необходимость совершенствования технологических решений в создании и разработке новых лекарственных форм. Такой лекарственной формой заслужено может считаться трансбуккальная пленка — удобная система трансбуккальной доставки лекарственных средств с контролируемым высвобождением, принимаемая без воды, без использования вспомогательного инструментария, с минимальными затратами времени и усилий со стороны владельцев животных и врачебного персонала. Желатиновая пленка как самостоятельный носитель лекарственного вещества быстро начинает действовать при соприкосновении с влажной средой слизистой оболочки ротовой полости, не требует дополнительной фиксации и не оказывает местно-раздражающего действия, прекрасно подходит для пациентов с дисфагией, рвотой и рядом других функциональных нарушений. Цель сравнительного исследования двух лекарственных форм — выявление возможной реакции организма и изменений клинико-биохимических параметров крови подопытных животных при курсовом назначении нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) с единым действующим веществом Карпрофен. Мониторинг показателей крови проводили у 24 собак из двух опытных групп и 10 контрольных животных. При исследовании крови животных у 2-й подопытной группы (12 голов), получавшей лекарственный препарат Норокарп в лекарственной форме — таблетки для приема внутрь, выявлено достоверное повышение уровня лейкоцитов на 4,54 %, повышение в 1,5 раза уровня глюкозы, снижение уровня общего белка на 4,9 % по отношению к контролю, что свидетельствует о развитии стрессовой гипергликемии у собак. Уровень эритроцитов снизился в обеих экспериментальных группах: с препаратом Карпрофен в лекарственной форме — пленки трансбуккальные на 11 %; с препаратом Норокарп — на 15 %, а уровень гематокрита снизился на 22,5 % у животных экспериментальной группы с препаратом

© Карамян А.С., Баннуд Ж., 2024

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

Норокарп. Проведенное сравнительное исследование оценки влияния лекарственной формы препарата на клинико-биохимические показатели крови животных подтверждает преимущества трансбуккальной формы назначения НПВС с целью снижения развития побочных реакций препаратов.

Ключевые слова: фармакокоррекция, нестероидные противовоспалительные препараты, Карпрофен, болевой синдром

Вклад авторов: Карамян А.С. — концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, подготовка текста; Баннуд Ж. — обработка данных, анализ и обобщение результатов исследования.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Препараты были закуплены за собственные средства авторов для проведения исследования.

История статьи: поступила в редакцию 19.08.2024; принята к печати 23.09.2024.

Для цитирования: Карамян А.С., Баннуд Ж. Трансбуккальные пленки в ветеринарной медицине: сравнительное исследование влияния лекарственных форм на клинико-биохимические показатели крови // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19. № 3. С. 530—537. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-530-537

Transbuccal films in veterinary medicine: a comparative study of the effect of dosage forms on clinical and biochemical parameters of blood

Arfenya S. Karamyan¹  , Georges Bannud²

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Vetlife Clinic, Moscow, Russian Federation

 karamyan-as@rudn.ru

Abstract. In modern veterinary pharmacology and therapy, the ability to control the dosage, delivery, release of the drug, as well as minimal fixation of the animal and absence of post-injection reactions are extremely important. In achieving the goals and successfully implementing pharmacocorrection of animal pathology, the question of improving technological solutions in creation and development of new dosage forms increasingly arises. Transbuccal film can rightfully be considered such a dosage form — it is a convenient system of transbuccal delivery of drugs with controlled release, taken without water, without the use of auxiliary instruments, with minimal time and effort on the part of animal owners and medical personnel. Gelatin film, as an independent carrier of the drug, quickly begins to act upon contact with the moist environment of the oral mucosa, does not require additional fixation and does not have a local irritant effect. It is perfect for patients with dysphagia, vomiting and a number of other functional disorders. The aim of the comparative study of two dosage forms was to identify the possible reaction of the organism and changes in clinical and biochemical parameters of the blood of experimental animals with a course of non-steroidal anti-inflammatory drugs with a single active substance — carprofen. Blood parameters were monitored in 24 dogs from two experimental groups and 10 control animals. When examining the blood of animals in the 2nd experimental group (12 animals) receiving Norokarp in form of tablets for oral administration, leukocytes significantly increased by 4.54%, glucose increased by 1.5 times, and total protein reduced by 4.9% in comparison with the control, which indicated the development of stress hyperglycemia in dogs. Erythrocytes reduced in both experimental groups: by 11% with the drug “Carprofen” in the dosage form of transbuccal films and by 15% with the drug “Norokarp”, and the level of hematocrit decreased by 22.5% in animals of the experimental group with the drug “Norokarp”. The conducted comparative study confirms

the advantages of transbuccal form of administration of non-steroidal anti-inflammatory drugs in order to reduce the development of adverse reactions to drugs.

Keywords: pharmacocorrection, non-steroidal anti-inflammatory drugs, Carprofen, pain syndrome

Author contributions. Karamyan A.S. conceived and designed the experiments, worked with literature, performed the experiments, processed the data, wrote the paper; Bannud G. analyzed the data, generalized research results.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests. The drugs were purchased at the authors' own expense to conduct the study.

Article history: Received: 19 August 2024. Accepted: 23 September 2024.

For citation: Karamyan AS, Bannud J. Transbuccal films in veterinary medicine: a comparative study of the effect of dosage forms on clinical and biochemical parameters of blood. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(3):530–537. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-3-530-537

Введение

Трансбуккальные пленки являются современной востребованной лекарственной формой, применимой для разработки препаратов различных фармацевтических групп (пептидные препараты, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), гормональные препараты, анальгетики, антисептики, нейролептики, сердечно-сосудистые препараты и др.) [1, 2]. Механизм действия трансбуккальных пленок основан на адгезии к влажной поверхности слизистой ротовой полости, быстром всасывании и высвобождении действующего вещества в кровоток, минуя воротную систему печени, что снижает токсическую нагрузку на печень. Данный механизм позволяет минимизировать воздействие препаратов на ткань печени, что особенно важно при фармакоррекции пациентов с измененными показателями печени и поврежденной слизистой оболочкой желудка. Таким образом, в связи с актуальностью и потенциально широкими возможностями применения трансбуккальных пленок важно отследить развитие нежелательных реакций и функциональных изменений в организме животных по клинико-биохимическим изменениям картины крови [3, 4].

Цель исследования — провести сравнительный анализ влияния на клинико-биохимические показатели крови животных препарата Карпрофен при трансбуккальном и пероральном введении.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования молодым собакам в возрасте 1–3 лет назначили: препарат Карпрофен (лекарственная форма — пленка трансбуккальная) — 1-я группа животных (12 голов); препарат сравнения Норокарп (лекарственная форма — таблетки для приема внутрь, МНН: карпрофен) — 2-я группа животных (12 голов). На момент терапии все животные нуждались в назначении противовоспалительной терапии и анальгезии в раннем послеоперационном периоде. Референсом служили клинически здоровые животные из контрольной группы (собаки в возрасте

1–3 лет, $n = 10$), проходившие исследования в рамках плановой диспансеризации с согласия владельцев. Исследование биохимических показателей крови проводили на автоматическом анализаторе AU680 (Китай), гематологические исследования — на анализаторе Гемадифф («Эйлитон-Юнимед», РФ); статистический анализ полученных данных — в программе STATISTICA 13.0.

Результаты исследования и обсуждение

По данным М.О. Вороновой, Ю.А. Ватникова интенсивность острой болевой реакции составляет один из сильнейших предикторов стойкой послеоперационной боли [5]. При отсутствии возможности купирования острого послеоперационного болевого синдрома высока вероятность развития хронического болевого синдрома. Согласно исследованиям Д.Т. Фантони и др. [6] НПВП также могут улучшить некоторые аспекты послеоперационной боли при приеме до и после операции у собак. НПВП ингибируют периферический и центральный синтез простагландинов, что уменьшает воспаление, сопровождающее повреждение тканей, в дополнение к ослаблению реакции на вредные раздражители [6, 7]. Показатели крови при клинико-биохимическом исследовании собак демонстрировали положительную динамику в снижении уровня эозинофилии, гипопроотеинемии, гипергликемии (табл.). В.А. Fransson и др. в своих исследованиях подтвердили эритропению у собак, снижение гематокрита до уровня менее 35 %, что является клиническим признаком выраженной анемии при гемоглобинемии, и повышение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) в 1,5 раза при курсовом применении НПВП, содержащих карпрофен в лекарственной форме таблетки для приема внутрь [8, 9].

Клинико-биохимические показатели крови собак после 5 дней применения препаратов Карпрофен и Норокарп

№ п/п	Показатели	ФП	Группа		
			1 ($n = 12$) Карпрофен	2 ($n = 12$) Норокарп	4 ($n = 10$)
1.	RBC, $10^{12}/л$	5,6...8,0	$4,5 \pm 0,4^*$	$4,7 \pm 0,2^*$	$6,3 \pm 0,4$
2.	HGB, г/л	120...180	$106,0 \pm 0,1^*$	$104,0 \pm 0,1^*$	$117,0 \pm 0,1$
3.	HCT, %	37...55	$23,5 \pm 0,3^*$	$29,1 \pm 2,3^*$	$40,2 \pm 0,3$
4.	Ретикулоциты, %	0...1	$2,1 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,3$
5.	СОЭ, мм/ч	0...6	$4,1 \pm 0,3^*$	$3,2 \pm 0,3^*$	$2,1 \pm 0,1$
6.	Лейкоциты, $10^9/л$	6...16	$9,1 \pm 0,4^*$	$11,1 \pm 0,4^*$	$9,8 \pm 0,2$
7.	Палочкоядерные нейтрофилы, %	0...5	$6 \pm 0,1$	$6 \pm 0,2$	$7 \pm 0,2$
8.	Сегментоядерные нейтрофилы, %	55...70	$81 \pm 0,2$	$85 \pm 0,2$	$68 \pm 0,2$
9.	Лимфоциты, %	12...30	$21 \pm 0,2$	$18 \pm 0,3$	$23 \pm 0,2$
10.	Эозинофилы, %	0...5	$6 \pm 0,4$	$7 \pm 0,4$	$6 \pm 0,2$

Окончание табл.

№ п/п	Показатели	ФП	Группа		
			1 (n = 12) Карпрофен	2 (n = 12) Норокарп	4 (n = 10)
11.	Моноциты, %	1...7	3 ± 0,3	4 ± 0,5	4 ± 0,2
Динамика изменений биохимических показателей крови					
12.	Общий белок, г/л	55...75	65,5 ± 0,3*	61,3 ± 0,2*	66,5 ± 0,3
13.	Глюкоза, ммоль/л	3,4...5,6	4,1 ± 0,3	5,2 ± 0,1	4,2 ± 0,3
14.	АлАТ, Ед/л	10...55	13,5 ± 0,4*	16,5 ± 0,2*	18,5 ± 0,4
15.	АсАТ, Ед/л	10...55	41,3 ± 0,1	57,3 ± 0,1	64,1 ± 0,2
16.	Общий билирубин, мкмоль/л	0...5,5	5,8 ± 0,3	6,1 ± 0,4	5,9 ± 0,3

Примечание. * – $p < 0,05$ – относительно контроля; ФП – физиологический показатель.

Clinical and biochemical parameters of dogs' blood after 5 days of using Carprofen and Norocarp

No.	Indicator	PI	Group		
			1 (n = 12) Carprofen	2 (n = 12) Norocarp	4 (n = 10)
1.	RBC, 10 ¹² /L	5.6...8.0	4.5 ± 0.4*	4.7 ± 0.2*	6.3 ± 0.4
2.	HGB, g/L	120...180	106.0 ± 0.1*	104.0 ± 0.1*	117.0 ± 0.1
3.	HCT, %	37...55	23.5 ± 0.3*	29.1 ± 2.3*	40.2 ± 0.3
4.	Reticulocytes, %	0...1	2.1 ± 0.3	1.8 ± 0.1	2.1 ± 0.3
5.	ESR, mm/h	0...6	4.1 ± 0.3*	3.2 ± 0.3*	2.1 ± 0.1
6.	Leukocytes, 10 ⁹ /L	6...16	9.1 ± 0.4*	11.1 ± 0.4*	9.8 ± 0.2
7.	Band neutrophils, %	0...5	6 ± 0.1	6 ± 0.2	7 ± 0.2
8.	Segmented neutrophils, %	55...70	81 ± 0.2	85 ± 0.2	68 ± 0.2
9.	Lymphocytes, %	12...30	21 ± 0.2	18 ± 0.3	23 ± 0.2
10.	Eosinophils, %	0...5	6 ± 0.4	7 ± 0.4	6 ± 0.2
11.	Monocytes, %	1...7	3 ± 0.3	4 ± 0.5	4 ± 0.2
Changes in blood biochemical parameters					
12.	Total protein, g/L	55...75	65.5 ± 0.3*	61.3 ± 0.2*	66.5 ± 0.3
13.	Glucose, mmol/L	3.4...5.6	4.1 ± 0.3	5.2 ± 0.1	4.2 ± 0.3
14.	ALT, U/L	10...55	13.5 ± 0.4*	16.5 ± 0.2*	18.5 ± 0.4
15.	AST, U/L	10...55	41.3 ± 0.1	57.3 ± 0.1	64.1 ± 0.2
16.	Total bilirubin, μmol/L	0...5.5	5.8 ± 0.3	6.1 ± 0.4	5.9 ± 0.3

Note. * – $p < 0.05$ – compared to control; PI – physiological indicator.

При оценке параметров общего клинического анализа крови диагностирована нормоцитарная нормохромная анемия у животных из всех экспериментальных групп [10–12]. При исследовании крови выявлено: у 2-й подопытной группы животных, получавших лекарственный препарат Норокарп, уровень лейкоцитов

был достоверно повышен на 4,54 %, уровень глюкозы повышен в 1,5 раза, а уровень общего белка снижен на 4,9 % по отношению к контролю, что свидетельствует о развитии стрессовой гипергликемии у собак. Уровень эритроцитов был снижен в обеих экспериментальных группах: на 11 % — с препаратом Карпрофен и на 15 % — с препаратом Норокарп, а уровень гематокрита снизился на 22,5 % у животных экспериментальной группы с препаратом Норокарп. Данные изменения свидетельствуют о признаках развития легкой степени анемии на фоне повреждения слизистой оболочки желудка и индуцированного гастрита. В связи с полученными данными, а также на основании исследований В.Ю. Цепелева, М.П. Колобаевой, В.В. Горкавчук, при сходной эффективности пероральная терапия предпочтительней инъекционной, поскольку более комфортна и менее обременительна для владельцев и пациентов, а значит, повышает приверженность лечению и эффективность терапии [13—15], однако даже среди пероральных форм есть более предпочтительные. По данным Н.В. Шестакова, С.О. Лысенковой с соавт. основной спектр фармацевтических исследований направлен на поиск новых лекарственных средств, совершенствование уже существующих лекарственных форм и создание систем доставки лекарственных средств [15]. Одной из перспективных лекарственных форм являются лекарственные пленки, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными лекарственными формами, что также подтверждается клинико-биохимическими исследованиями статуса организма животных.

Заключение

Широкое внедрение трансбуккальных пленок в практику ветеринарного врача позволит осуществлять терапию и коррекцию болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде у собак с максимальной фармакологической эффективностью и снижением вероятности развития побочных реакций. Проведенное сравнительное исследование показало успешное применение препарата Карпрофен пленка трансбуккальная в течении 5 дней с менее выраженными изменениями картины крови в сравнении с таблетками при пероральном применении. Применение трансбуккальных пленок у мелких домашних животных возможно при фармакокоррекции патологии суставов, травмах, спондилоартритах, артрозах, остеосинтезе, ушибах и в послеоперационный период с целью предупреждения развития хронической боли.

Список литературы

1. Дельцов А.А., Косова И.В. Анализ производителей лекарственных средств для ветеринарного применения в России // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2014. Т. 16. № 2. С. 4—8.
2. Казаков Д.А., Шуешкин Д.С., Мовсеян А.Г., Алексеев К.В. Анализ лекарственных форм, применяемых в ветеринарной фармации // East European Scientific Journal. 2021. № 3 (67). С. 67—70.
3. Карамян А.С. Технологические аспекты и метод применения быстрорастворимых пленок в практике ветеринарной медицины // Фармацевтическое дело и технология лекарств. 2022. № 2. doi: 10.33920/med-13-2204-06

4. Князькова А.С., Князькова А.С., Обидченко Ю.А., Семкина О.А. Технологические аспекты создания быстрорастворимых пленок // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 2—2. С. 176—177.
5. Воронова М.О., Ватников Ю.А. Роль регионарной анестезии в предотвращении острого послеоперационного болевого синдрома при операции на грудной конечности у собак // Ветеринарная патология. 2021. № 4 (78). С. 28—36. doi: 10.256907VETPAT.2021.11.79.00
6. Fantoni D.T., Ida K.K., de Almeida T.I., Ambrósio A.M. A comparison of pre and post-operative vedaprofen with ketoprofen for pain control in dogs // BMC Vet Res. 2015. № 11. 24. doi: 10.1186/s12917-015-0338-4
7. Лосенкова С.О., Морозов В.Г., Лосенков П.В., Евсеев А.В., Гладкая Ю.В. Ассортимент лекарственных форм, применяемых в стоматологической практике // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2019. № 4. С. 229—237.
8. Жавнис С.Э., Крюковская Г.М., Елизарова Т.С. Лечение у собак хронических гастритов патогенетически связанных с ингибированием простагландинов // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2014. С. 213—216.
9. Fox S.M., Johnston S.A. Use of carprofen for the treatment of pain and inflammation in dogs // J Am Vet Med Assoc. 1997. Vol. 210. № 10. P. 1493—1498.
10. Киселева Е.Ю., Дарбинян А.А. Этиология и статистика заболеваний желудочно-кишечного тракта собак и кошек // Научный аспект — Естественные науки. 2019. № 2. С. 1514—1517.
11. Марьин Е.М., Говочаев С.Г., Сапожников А.В. Клинико-морфологическая характеристика гастроэнтерита у собак // Вестник Ульяновской ГСХА. 2024. № 1 (65). doi: 10.18286/1816-4501-2024-1-103-109
12. Руденко П.А., Руденко А.А., Ватников Ю.А., Кузнецов В.И., Ягников С.А. Клинико-биохимические параметры крови при остром гастроэнтерите у собак // Вестник КрасГАУ. 2020. № 7 (160). С. 133—139. doi: 10.36718/1819-4036-2020-7-133-139
13. Цепелев В.Ю., Колобаева М.П., Горкавчук В.В. Современные лекарственные формы и способы доставки лекарственных средств // Вестник фармации. 2023. № 4 (102). С. 42—53. doi: 10.52540/2074-9457.2023A42
14. Хромов А.В., Новиков О.О., Новикова Е.О. Кровезаменители с газообменной функцией // Bull Exp Biol Med. 2024. № 176(6). С. 709—715. doi: 10.1007/s10517-024-06094-z
15. Шестаков Н.В., Лосенкова С.О., Закалюкина Е.В., Степанова Э.Ф. Ассортимент и характеристики трансмукозальных лекарственных форм (ассортимент лекарственных пленок) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. № 2. С. 96—101.

References

1. Deltsov AA, Kosova IV. The analysis of producers of drugs for veterinary application in Russia. *Health and Education millennium*. 2014;16(2):4—8. (In Russ.).
2. Kazakov DA, Shueshkin DS, Movsesyan AG, Alekseev KV. Analysis of dosage forms used in veterinary pharmacy. *East European Scientific Journal*. 2021;(3):67—70. (In Russ.).
3. Karamyan AS. Technological aspects and method of using fast-dissolving films in the practice of veterinary medicine. *Pharmaceutical Business and Drug Technology*. 2022;(2):41—44. (In Russ.). doi: 10.33920/med-13-2204-06
4. Knyazkova AS, Obidchenko YA, Semkina OA. Technological aspects of creating fast-dissolving films. *International Journal of Experimental Education*. 2015;(2—2):176—177. (In Russ.).
5. Voronova MO, Vatikov YA. The role of regional anesthesia in preventing acute postoperative pain syndrome during surgery on the thoracic limb in dogs. *Veterinary pathology*. 2021;(4):28—36. (In Russ.). doi: 10.256907VETPAT.2021.11.79.007
6. Fantoni DT, Ida KK, de Almeida TI, Ambrósio AM. A comparison of pre and post-operative vedaprofen with ketoprofen for pain control in dogs. *BMC Vet Res*. 2015;(11):24. doi: 10.1186/s12917-015-0338-4
7. Losenkova SO, Morozov VG, Losenkov PV, Evseev AV, Gladkaya YV. Assortment of medication forms applied in stomatologic practice. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*. 2019;18(4):229—237. (In Russ.).
8. Zhavnis SE, Kryukovskaya GM, Elizarova TS. Treatment of chronic gastritis in dogs pathogenetically associated with prostaglandin inhibition. In: *Theoretical and practical issues of science of the XXI century: conference proceedings*. Ufa; 2014. p.213—216. (In Russ.).
9. Fox SM, Johnston SA. Use of carprofen for the treatment of pain and inflammation in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 1997;210(10):1493—1498.

10. Kiseleva EY, Darbinyan AA. Etiology and statistics of gastrointestinal tract diseases in dogs and cats. *Nauchnyi aspekt*. 2019;12(2):1514—1517. (In Russ.).
11. Maryin EM, Govochaev SG, Sapozhnikov AV. Clinical and morphological characteristics of gastroenteritis of dogs. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2024;(1)103—109. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2024-1-103-109
12. Rudenko PA, Rudenko AA, Vatnikov YA, Kuznetsov VI, Yagnikov SA. Clinical and biochemical blood parameters in acute gastroenteritis in dogs. *Bulletin of KrasSAU*. 2020;(7):133—139. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2020-7-133-139
13. Tsepelev VY, Kolobaeva MP, Gorkavchuk VV. Modern dosage forms and methods of drug delivery. *Vestnik farmatsii*. 2023;(4):42—53. (In Russ.). doi: 10.52540/2074-9457.2023A42
14. Khromov AV, Novikov OO, Novikova EO. Blood substitutes with gas transfer function. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2023;176(12):676—684. (In Russ.). doi: 10.47056/0365-9615-2023-176-12-676-684
15. Shestakov NV, Losenkova SO, Zakalyukina EV, Stepanova EF. Range and characteristics of transmucosal dosage forms. *Drug development & Registration*. 2017;(2):96—101. (In Russ.).

Об авторах:

Карамян Арфеня Семёновна — кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент департамента ветеринарной медицины АТИ, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: karamyan-as@rudn.ru

ORCID: 0000-0003-2112-673X SPIN-код: 5511-4446

Баннуд Жорж — ветеринарный врач, клиника «Ветлайф», Российская Федерация, г. Москва, Бескудниковский бульвар, д. 12; e-mail: info@vetlife03.ru

About authors:

Karamyan Arfenya Semyonovna — candidate of veterinary sciences, associate professor, department of veterinary medicine, agrarian and technological institute, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, Russian Federation; e-mail: karamyan-as@rudn.ru

ORCID: 0000-0003-2112-673X SPIN-код: 5511-4446

Bannoud Georges — Veterinarian, Vetlife Clinic, 12 Beskudnikovsky Boulevard, Moscow, 127474, Russian Federation; e-mail: info@vetlife03.ru