



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2022 Том 17 № 3
DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3
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»

Главный редактор

Ватников Ю.А., д-р вет. наук, проф., директор департамента ветеринарной медицины АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: vatnikov-yua@rudn.ru

Заместитель главного редактора

Пакина Е.Н., д-р биол. наук, директор Агробиотехнологического департамента АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: pakina-en@rudn.ru

Ответственный секретарь

Куликов Е.В., канд. биол. наук, доц. департамента ветеринарной медицины АТИ, РУДН, Москва, Российская Федерация
E-mail: kulikov-ev@rudn.ru

Члены редакционной коллегии

Азизи С., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран
Астарханова Т.С., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Благодатская Е.В., д-р биол. наук, проф., Центр экологических исследований им. Гельмгольца, Лейпциг, Германия
Валентини Р., д-р биол. наук, проф., лауреат Нобелевской премии мира (2007), Университет Тушии, Витербо, Италия
Васильев А.А., д-р биол. наук, проф., МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ
Гинс М.С., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФНЦО Овощеводства РАН, Московская обл., РФ
Долженко В.И., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ ВНИИЗР, Пушкин, Санкт-Петербург, РФ
Донник И.М., д-р биол. наук, проф., академик РАН, Российская академия наук, Москва, РФ
Дорожкин В.И., д-р биол. наук, академик РАН, проф., ВНИИВСГЭ — филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва, РФ
Дубенко Н.Н., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Егоров И.А., д-р биол. наук, академик РАН, проф., ФНЦ «ВНИТИП» РАН, Сергиев Посад, РФ
Еланский С.Н., д-р биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ
Забережный А.Д., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФГБНУ ВНИТИБП, Московская обл., РФ
Завалин А.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, РФ
Заргар М., канд. с.-х. наук, доц., РУДН, Москва, РФ
Игнатов А.Н., д-р биол. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Ковеос Д., PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Салоники, Греция
Коцаев А.Г., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., КубГАУ, Краснодар, РФ
Котарев В.И., д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВНИВИПФит», Воронеж, РФ
Кузяков Я.В., д-р биол. наук, проф., Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Геттинген, Германия
Ленченко Е.М., д-р вет. наук, проф., ФГБОУ ВО «МГУПП», Москва, РФ
Мохаммади-Неджад Г., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран
Никитченко Д.В., д-р биол. наук, проф., ОМПК, Москва, РФ
Новиков А.Е., д-р тех. наук, доц., ВолГТУ, Волгоград, РФ
Овчинников А.С., д-р с.-х. наук, чл.-кор. РАН, ВолГАУ, Волгоград, РФ
Пиговаров В.Ф., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФНЦО Овощеводства РАН, Московская обл., РФ
Пименов Н.В., д-р биол. наук, проф., проф. РАН, МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ
Плескачев Ю.Н., д-р с.-х. наук, проф., ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., РФ
Плющиков В.Г., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Соловьев А.А., д-р биол. наук, проф. РАН, проф., ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, РФ
Сычѳ 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
Чамуршиев Г.О., канд. с.-х. наук, РУДН, Москва, РФ
Юлдашбаев Ю.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Юсефи М., канд. биол. наук, доц., РУДН, Москва, РФ

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

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

4 выпуска в год (ежеквартально)

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

Языки: русский, английский.

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

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

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

Журнал рекомендован диссертационными советами РУДН; входит в перечень изданий, публикации которых учитываются Высшей аттестационной комиссией России (ВАК РФ) при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям:

1.5.9. Ботаника (сельскохозяйственные науки), 1.5.19. Почвоведение (сельскохозяйственные науки), 4.1.1. Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки), 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки);

до 16.10.2022 г.: 06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель, 06.01.04 Агрохимия, 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений, 06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирномасличные культуры, 06.01.07 Защита растений, 06.01.09 Овощеводство, 06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки), 06.02.04 Ветеринарная хирургия (ветеринарные науки), 06.02.07 Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки).

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

Редакторы: *О.В. Горячева, М.И. Яблонская*
Компьютерная верстка: *М.В. Рогова*

Адрес редакции:

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2
Тел.: (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 19.09.2022. Выход в свет 22.09.2022. Формат 70×100/16.

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

Усл. печ. л. 14,03. Тираж 500 экз. Заказ № 830. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов» (РУДН)

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

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

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

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



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2022 VOLUME 17 No. 3
DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3
agrojournal.rudn.ru
Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

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

EXECUTIVE SECRETARY

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

EDITORIAL BOARD MEMBERS

- Sonia Agigi* — D. Sc. in Biology, Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Tamara S. Astarkhanova — D. Sc. in Agriculture, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Evgenia V. Blagodatskaya — D. Sc. in Biology, Professor, Helmholtz-Center for Environmental Research, Leipzig, Germany
Georgy O. Chamurlijev — Ph.D. in Agriculture, RUDN University, Moscow, Russian Federation
Victor I. Dolzhenko — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg-Pushkin, Russian Federation
Irina M. Donnik — D. Sc. in Biology, Professor, Academician of the RAS, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Vasily I. Dorozhkin — D. Sc. in Biology, Academician of the RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Branch of Kovalenko All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine, RAS), Moscow, Russian Federation
Nikolai N. Dubenok — D. Sc. in Agriculture, Professor, Academician of the RAS, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation
Ivan A. Egorov — D. Sc. in Biology, Academician of the RAS, Professor, Head of the Scientific Direction of Poultry Nutrition, All-Russian Research and Technological Poultry Institute of RAS, Sergiev Posad, Russian Federation
Sergey N. Elansky — D. Sc. in Biology, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
Murat S. 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 RUDN University
(Peoples' Friendship University of Russia),
Moscow, Russian Federation

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

Publication frequency: Quarterly

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

Languages: Russian, English

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

Aims and Scope

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

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

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

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

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

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

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

Address of the Editorial Board:

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

Postal Address of the Editorial Board:

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

Printing run 500 copies. Open price

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

Printed at RUDN Publishing House:

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

Содержание

Растениеводство

Федорова В.А. Перспективные сорта озимой тритикале для зернового производства в северо-западной части Астраханской области 251

Savin I.Y., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Zhogolev A.V. Spatial patterns of crops in Russia (Пространственное размещение посевов сельскохозяйственных культур в России) 263

Генетика и селекция растений

Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В. Создание исходного селекционного материала клевера лугового с высокими кормовыми качествами для условий Северного региона 287

Почвоведение и агрохимия

Блашик Р., Носов В.В., Пэлий А.Ф. Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше 299

Васенев И.И., Горбунова Н.С., Громовик А.И., Девятова Т.А. Влияние водной эрозии на структуру и содержание лабильных гумусовых веществ в структурно-агрегатных фракциях черноземов выщелоченных Центрально-Черноземного региона 315

Озеленение населенных пунктов

Демина С.А., Васенев В.И., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А. Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса 331

Защитное лесоразведение

Баканева А.А. Исследования всхожести желудей и роста однолетних сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области 350

Животноводство

Руденко О.В. Показатели воспроизводства коров при разной степени инбридинга 360

Ветеринария

- Денисенко В.Н., Балыков В.А., Рогов Р.В., Круглова Ю.С.** Гематологические и биохимические показатели крови бычков при использовании в качестве кормовой добавки гидролизата тушек норок..... 373
- Вилковыский И.Ф.** Динамика показателей спинномозговой жидкости в послеоперационный период при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак..... 382
- Руденко П.А., Сотникова Е.Д., Кротова Е.А., Бабичев Н.В., Друковский С.Г., Бугров Н.С.** Особенности клинической манифестации субкомпенсированного дисбактериоза кишечника кошек при оценке эффективности его коррекции 392
- Слащилина Т.В., Шапошников И.Т., Аристов А.В., Мармурова О.М., Коцарев В.Н.** Динамика гематологических показателей коров на фоне применения в рационе источника биологически активных веществ 406

Contents

Crop production

- Fedorova V.A.** Promising cultivars of winter triticale for grain production in the north-west of the Astrakhan region 251
- Savin I.Y., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Zhogolev A.V.** Spatial patterns of crops in Russia 263

Genetics and plant breeding

- Korelina V.A., Batakova O.B., Zobnina I.V.** Creation of initial breeding material of red clover with high fodder qualities for conditions of Northern region 287

Soil science and agrochemistry

- Blashik R.M., Nosov V.V., Peliy A.F.** Comprehensive assessment of *Krascheninnikovia ceratoides* L. development and its productive potential in reclaimed pastures of arid zone..... 299
- Vasenev I.I., Gorbunova N.S., Gromovik A.I., Devyatova T.A.** Influence of water erosion on the structure and content of labile humic substances in the structural-aggregate fractions of leached chernozems of the Central Chernozem region..... 315

Landscaping of settlements

- Demina S.A., Vasenev V.I., Makhinya K.I., Romzaykina O.N., Istomina I.I., Pavlova M.E., Dovletyarova E.A.** Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow.....331

Protective afforestation

- Bakaneva A.A.** Germination of acorns and growth of one-year common oak seedlings in conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region.....350

Animal breeding

- Rudenko O.V.** Cow reproduction rates with varying inbreeding degrees360

Veterinary science

- Denisenko V.N., Balykov V.A., Rogov R.V., Kruglova Y.S.** Hematological and biochemical parameters of bulls' blood when using mink carcass hydrolyzate as a feed additive373
- Vilkowysky I.F.** Dynamics of cerebrospinal fluid in correction of degenerative lumbosacral stenosis during the postoperative period in dogs382
- Rudenko P.A., Sotnikova E.D., Krotova E.A., Babichev N.V., Drukovsky S.G., Bugrov N.S.** Comprehensive assessment of *Krascheninnikovia ceratoides* L. development and its productive potential in reclaimed pastures of arid zone392
- Slashchilina T.V., Shaposhnikov I.T., Aristov A.V., Marmurova O.M., Kotsarev V.N.** Effect of biologically active substances on hematological status of cows406



Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-251-262

УДК 633.11

Научная статья / Research article

Перспективные сорта озимой тритикале для зернового производства в северо-западной части Астраханской области

В.А. Федорова 

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
с. Соленое Займище, Российская Федерация
✉ fedorova59.61@mail.ru

Аннотация. Культура тритикале, благодаря своим специфическим свойствам, позволяющим формировать стабильные урожаи зерна в зонах с рискованным земледелием, может и должна найти более широкое применение в острозасушливых почвенно-климатических условиях. Поэтому работа по внедрению высокопродуктивных сортов озимой тритикале в соответствующих условиях полупустынной зоны северо-запада Астраханской области актуальна и своевременна. Цель исследований — комплексная оценка перспективных сортов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения на адаптивность по степени реагирования их на стрессовые метеорологические факторы полупустынной зоны северо-западной части Астраханской области. Для определения основных показателей адаптивности сортов (зимостойкость, пластичность, стабильность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость) на протяжении трех лет с различной степенью увлажнения территории (2018—2020 гг.) проведены полевые агроэкологические испытания шести перспективных сортов озимой тритикале (Трибун, Интерес, ПРАГ 152, Хлебороб, Жнец и Ураган) на богарных полях Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН. В качестве контроля был взят районированный сорт Нелли. Для проведения расчетов использовались методы Г.Т. Селянинова, Л.А. Животкова, С.А. Еберхара и В.А. Расселла. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова периодов активной вегетации озимой тритикале варьировал от 0,3 до 0,5 и находился в зоне сильной и очень сильной засухи, индекс среды периода исследования составлял от –0,67 до 0,66. Установлено, что среди испытываемых сортов озимой тритикале наибольшим адаптационным потенциалом и стабильно высокой урожайностью при различных метеорологических условиях вегетационного периода отличался сорт Хлебороб. Данный сорт характеризовался хорошей зимостойкостью (5 баллов) и сохранностью растений (90,8 %), в среднем за годы исследований показал высокий коэффициент адаптивности (1,43), а показатели его пластичности и генетической гибкости составили 0,77 и 1,40 соответственно. Все это позволяет рекомендовать данный сорт к использованию в острозасушливых условиях полупустынной зоны северо-западной части Астраханской области.

© Федорова В.А., 2022



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

Ключевые слова: озимая тритикале, агроэкологическое испытание, высокопродуктивный сорт, индекс условий, коэффициент адаптивности, экологическая пластичность, стабильность сорта, устойчивость к стрессу, генетическая гибкость

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

История статьи: поступила в редакцию 7 февраля 2022 г., принята к публикации 18 апреля 2022 г.

Для цитирования: Федорова В.А. Перспективные сорта озимой тритикале для зернового производства в северо-западной части Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 251—262. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-251-262

Promising cultivars of winter triticale for grain production in the north-west of the Astrakhan region

Valentina A. Fedorova 

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Russian Federation
✉ fedorova59.61@mail.ru

Abstract. Triticale, due to its specific properties to form stable grain yields in the zones with risky agriculture, should find wider application in acutely arid conditions. Therefore, the use of highly productive cultivars of winter triticale in semi-desert zone of the north-west of the Astrakhan region is relevant. The aim of the research was a comprehensive assessment of promising winter triticale cultivars of different ecological and geographical origin for adaptability to stressful meteorological factors in semi-desert zone of the northwestern Astrakhan region. To determine the main indicators of adaptability (winter hardiness, plasticity, stability, stress tolerance, genetic flexibility), six promising winter triticale cultivars (Tribun, Interes, PRAG 152, Khleborob, Zhnets and Uragan) were studied. Field agroecological tests were conducted on rainfed fields of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS with different moisture level in 2018—2020. Nelli cultivar was used as a control. The methods of Selyaninov G.T., Zhivotkov L.A., Eberhart S.A., and Russell W.A. were used for calculations. During periods of active vegetation of winter triticale, Selyaninov hydrothermal coefficient varied from 0.3 to 0.5 (zone of strong and very strong drought); environment index was from –0.67 to 0.66. According to the data obtained, cv. Khleborob showed the greatest adaptive potential and consistently high yield under various meteorological conditions of the season compared to the other tested winter triticale varieties. Moreover, the cultivar had good winter hardiness (5 points) and survival (90.8 %). On the average for the years of research it showed high adaptability coefficient (1.43), and the indicators of its plasticity and genetic flexibility were 0.77 and 1.40, respectively. Therefore, cv. Khleborob can be recommended for use in the acutely arid conditions in semi-desert zone of the northwestern part of the Astrakhan region.

Keywords: winter triticale, agroecological test, highly productive cultivar, index of conditions, adaptability coefficient, plasticity, stability, resistance to stress, genetic flexibility

Conflict of Interest. The author declares that there is no conflict of interest.

Article history: Received 7 February 2022. Accepted 18 April 2022

For citation: Fedorova VA. Promising cultivars of winter triticale for grain production in the north-west of the Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):251—262. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-251-262

Введение

В последние десятилетия вся российская селекция направлена на мобилизацию адаптивных ресурсов растений для создания новых отечественных сортов, обладающих не только высоким ресурсом урожайности, но и возможностью реализации этого потенциала в конкретных почвенно-климатических условиях и на различных уровнях агрофона.

Среди мер по повышению урожая сельскохозяйственных культур усовершенствование агротехнологий составляет лишь 5...10 %. Львиная доля в решении этой проблемы приходится на селекционную работу по созданию новых высокоурожайных сортов и гибридов [1, с. 9]. В понятие адаптивности сорта входит сочетание множества признаков: экологическая пластичность (способность формировать урожай в различных климатических условиях), гетерогенность агропопуляций (засухоустойчивость, скороспелость), умение быстро реагировать на улучшение условий выращивания и т.д. [2, с. 622].

Создание таких высокоадаптивных сортов позволит минимизировать отрицательное действие климатических стрессоров на рост и развитие сельскохозяйственных растений. По мнению российского генетика В.А. Зыкина¹, вопрос о высокой отзывчивости сорта на благоприятные условия возделывания и его устойчивости к отрицательным климатическим факторам окружающей среды является одним из основополагающих на современном этапе развития всей мировой селекции [3, с. 7].

При исследованиях зависимости урожайности сельскохозяйственной культуры от метеорологических условий среды ее выращивания озимые культуры могут выступать в качестве эталонных, так как за время своей вегетации испытывают на себе практически весь годовой комплекс погодных условий, характерный для данной территории [4, с. 51].

Озимая тритикале как новая сельскохозяйственная культура появилась в конце XIX в. Первые в мире сорта тритикале для выращивания в производственных условиях были получены в Венгрии в конце 60-х гг. XX в.

Главное достоинство этой культуры состоит в том, что она сочетает в себе такие хозяйственно ценные признаки, как экологическая пластичность ржи и высокий урожайный потенциал пшеницы [5, с. 48]. Хлеб, изготовленный из муки тритикале на молочнокислых заквасках, по своим пищевым и целебным свойствам существенно лучше пшенично-ржаных аналогов и диетических сортов [6, с. 22].

Сегодня посевные площади тритикале в мире составляют более 4,5 млн га. Однако Россия пока значительно отстает по этому показателю, главным образом, из-за отсутствия адаптивных сортов, стабильно формирующих высокий урожай зерна [7, с. 207]. В этих условиях широкое внедрение в производство экологически пластичных сортов озимой тритикале уже не рекомендация, а реальная необходимость [8, с. 129]. В этой связи приобретает особую актуальность изучение адаптационных возможностей новых высокопродуктивных сортов озимой тритикале для выращивания их в зонах рискованного земледелия.

¹ Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации / В.А. Зыкин, В.В. Мешков, В.А. Сапега. Новосибирск: Сиб. отделение ВАСХНИЛ, 1984. С. 1–24.

Цель исследования — агроэкологическая оценка перспективных сортов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения в условиях полупустынной зоны северо-запада Астраханской области. В задачи исследований входила оценка адаптивного потенциала высокопродуктивных сортов для использования их в агропромышленном комплексе конкретного региона. Научная новизна наших исследований заключается в том, что впервые на данной территории были проведены многолетние агроэкологические испытания сортов озимой тритикале по выявлению перспективных высокопродуктивных сортов, адаптированных к аридным почвенно-климатическим условиям засушливой зоны Астраханской области.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в течение 2018—2020 гг. на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенных в полупустынной зоне северо-западной части Астраханской области. В исследования были включены шесть перспективных сортов озимой тритикале (Трибун, Интерес, ПРАГ 152, Хлебобоб, Жнец и Ураган), за контроль был принят районированный сорт Нелли. Почвы опытного участка содержат 1,1...1,5 % гумуса, общего азота — 0,20...0,29 %, фосфора 1,1...1,6 мг/100 г почвы, калия — 21...36 мг/100 г почвы, что говорит о недостаточной обеспеченности и необходимости использования минеральных удобрений. Поэтому для опыта фоновно вносились минеральные удобрения из расчета N90P60K30 ($N_{60}P_{60}K_{30}$ — осенью, как основное, под посев и N_{30} — весной в фазу отрастания растений в качестве подкормки). Подготовка почвы, посев и уход проводились согласно принятой в регионе зональной агротехнологии возделывания озимых зерновых культур.

Предшественник — ранний пар. Норма высева — 3,5 млн всх. семян/га, учетная площадь делянки 20 м², размещение делянок — рендомизированное, повторность — трехкратная. Полевые наблюдения и обработка экспериментальных данных проводились в соответствии с методиками Госсортоиспытания и Б.А. Доспехова. Показатели адаптивности, экологической пластичности, стабильности и генетической гибкости рассчитывались согласно методикам С.А. Еберхара и В.А. Расселла [9, с. 37], Л.А. Животкова [10, с. 4]. Стрессоустойчивость сортов определялась по методу А.А. Россиелле и Й. Хамблина [11, с. 28].

Результаты исследования и обсуждение

Место расположения опытных полей по степени засушливости климата относится к территории полупустынь и сухих степей. Астраханская область хорошо обеспечена тепловыми ресурсами, но ее северная часть характеризуется недостаточной влагообеспеченностью, особенно часто данный лимитирующий фактор проявляется в период весенней и раннелетней вегетации зерновых сельскохозяйственных культур, что негативно сказывается на их урожайности и влечет за собой значительный недобор зерна. Влагообеспеченность посевов исследуемых сортов

озимой тритикале рассматривалась нами в разрезе таких показателей, как индекс среды и гидротермический коэффициент.

Погодные условия в годы проведения исследовательских работ по степени контрастности хорошо отражали климатические особенности полупустынной зоны северо-западной части Астраханской области (рис. 1).

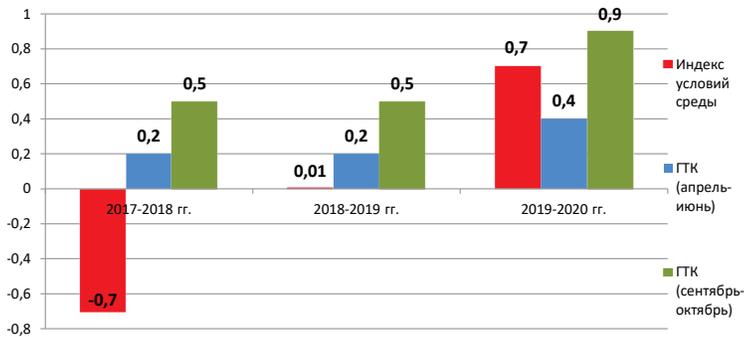


Рис. 1. Динамика гидротермического коэффициента (ГТК) и индекса условий среды в годы исследований (по данным Черноярской метеостанции)

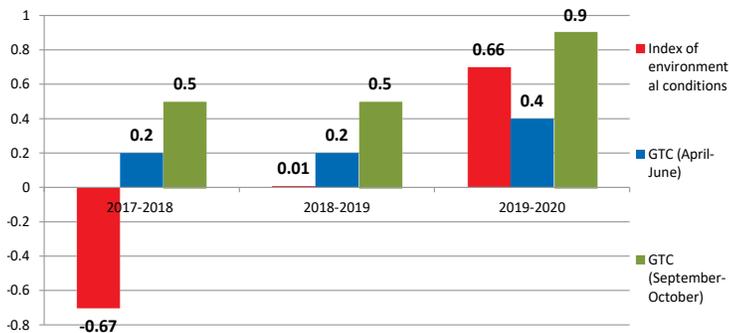


Fig. 1. Dynamics of hydrothermal coefficient (GTC) and index of environmental conditions in research years (according to the Chernoyarsk weather station)

Согласно показателям величины гидротермического коэффициента, периоды активной вегетации озимой тритикале можно отнести: 2017—2018 и 2019—2020 гг. — к средне засушливым (0,5), 2018—2019 гг. — к сильно засушливым (0,3) [12, с. 175].

Показатель индекса условий среды используется как факториальный признак для определения пластичности того или иного сорта, а его изменчивость показывает характер погодных условий в период вегетации сортов [13, с. 126]. В целом, погодные условия периода исследований неоднородно влияли на степень раскрытия урожайного потенциала изучаемых сортов: неблагоприятно — в 2018 г. с отрицательным значением индекса среды (–0,67) и благоприятно — в 2020 г. (ин-

декс среды 0,66). Промежуточное положение в этом плане занимал 2019 г., индекс условий среды в этот период был близок к единице.

Одними из основных непредсказуемых климатических факторов для растений озимых зерновых культур являются мороз, оттепель и ледяная корка. Именно поэтому особое внимание уделяется такому понятию, как зимостойкость сорта [14, с. 24]. Для характеристики условий перезимовки растений мы использовали показатели средней температуры самого холодного месяца и высоты снежного покрова. Для рассматриваемой территории характерны, как правило, малоснежные зимы, в отдельные месяцы снежный покров и вовсе отсутствует. Самой теплой за годы исследований была зима 2019—2020 г. (температура воздуха самого холодного месяца составляла $-0,3$ °С, снежный покров практически отсутствовал). Наиболее холодной была зима 2017—2018 г.: средняя температура воздуха самого холодного месяца составляла $-6,8$ °С, высота снежного покрова — от 10 до 62 см. Согласно классификации Д.И. Шашко, перезимовка растений озимой тритикале проходила в условиях мягких-умеренно мягких зим. Зимостойкость сортов определялась визуально (табл. 1). Все сорта отличались хорошей зимостойкостью (4,4...5,0 баллов). Самые высокие значения этого показателя (5 баллов) отмечены у сортов Хлебобоб и Жнец. У сорта Хлебобоб отмечен также самый высокий процент сохранности растений — 90,8 %.

Таблица 1

Зимостойкость сортов озимой тритикале, средняя за 2018—2020 гг.

Сорт	Количество растений, шт./м ²		Зимостойкость, балл	Сохранность растений, %
	Полные всходы	Возобновление вегетации		
Нелли – control	296	244	4,4	82,6
Трибун	312	264	4,4	84,7
Интерес	318	285	4,7	89,7
ПРАГ 152	285	243	4,5	85,4
Хлебобоб	334	303	5,0	90,8
Жнец	329	294	5,0	89,4
Ураган	330	299	4,9	90,5

Table 1

Hardiness of winter triticale cultivars, average for 2018—2020

Cultivar	Number of plants per m ²		Winter hardiness, point	Plant survival, %
	Full shoots	Resumption of vegetation		
Nelli – control	296	244	4.4	82.6
Tribun	312	264	4.4	84.7
Interes	318	285	4.7	89.7
PRAG 152	285	243	4.5	85.4
Khleborob	334	303	5.0	90.8
Zhnets	329	294	5.0	89.4
Uragan	330	299	4.9	90.5

Урожайность зерна сортов озимой тритикале напрямую зависела от погодных условий вегетационного периода и варьировала в зависимости от года исследований от 0,33 до 1,92 т/га, составив в среднем по сортам за 2018—2020 гг. 0,98 т/га (табл. 2). Наибольшая средне сортовая урожайность отмечена у сорта Хлебороб (1,33 т/га). Следует отметить, что у этого сорта на протяжении всех лет исследований наблюдалось существенное увеличение урожайности относительно других сортов.

Таблица 2

Урожайность зерна, т/га, сортов озимой тритикале в 2018–2020 гг.

Сорт	Урожайность зерна, т/га					Коэффициент пластичности
	2018	2019	2020	Среднее	+/- к стандарту	
Нелли – контроль	0,40	0,62	0,87	0,63	–	0,35
Трибун	0,62	0,97	1,37	0,99	+0,36	0,56
Интерес	0,33	0,91	1,16	0,80	+0,23	0,62
ПРАГ 152	0,37	0,78	0,98	0,71	+0,08	0,46
Хлебороб	0,89	1,17	1,92	1,33	+0,70	0,77
Жнец	0,66	1,05	1,49	1,07	+0,43	0,62
Ураган	0,74	1,06	1,22	1,01	+0,38	0,36
НСР05, т/га	0,26	0,13	0,19	–	–	–

Table 2

Grain yield of winter triticale cultivars, 2018–2020

Cultivar	Grain yield, t/ha					Plasticity coefficient
	2018	2019	2020	Average	+/- to standard,	
Nelli – control	0.40	0.62	0.87	0.63	–	0.35
Tribun	0.62	0.97	1.37	0.99	+0.36	0.56
Interes	0.33	0.91	1.16	0.80	+0.23	0.62
PRAG 152	0.37	0.78	0.98	0.71	+0.08	0.46
Khleborob	0.89	1.17	1.92	1.33	+0.70	0.77
Zhnets	0.66	1.05	1.49	1.07	+0.43	0.62
Uragan	0.74	1.06	1.22	1.01	+0.38	0.36
LSD 05, t/ha	0.26	0.13	0.19	–	–	–

Показатель степени реакции исследуемых сортов на улучшение условий выращивания показал отсутствие среди них сортов интенсивного типа, коэффициент их пластичности составил от 0,35 до 0,62. Согласно полученным данным, можно выделить сорт Хлебороб как наиболее экологически пластичный (коэффициент пластичности—0,77), который в неблагоприятных условиях не очень сильно снижает свою урожайность.

Согласно рассчитанным коэффициентам адаптивности, установлено, что сорта Трибун, Ураган, Жнец и Хлебороб отличаются не только высокой продуктивностью, но и имеют значительный потенциал адаптивности (рис. 2).

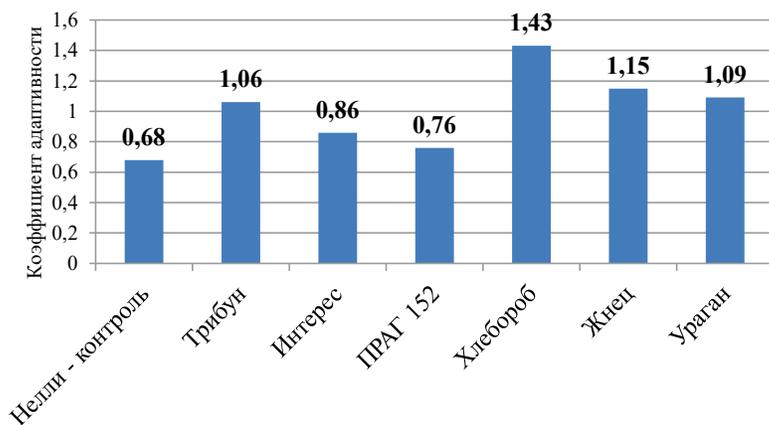


Рис. 2. Коэффициент адаптивности сортов озимой тритикале (среднее за 2018–2020 гг.)

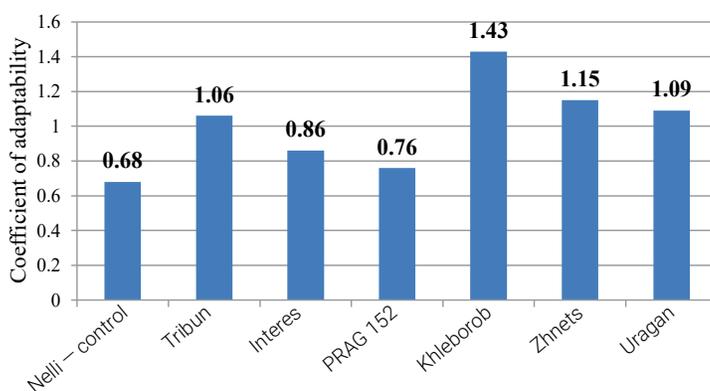


Fig. 2. Coefficient of adaptability for winter triticale cultivars (average for 2018–2020)

Коэффициент адаптивности этих сортов был выше единицы и варьировал от 1,06 (Трибун) до 1,43 (Хлебороб). Следовательно, эти сорта обладают как пластичностью, так и специфической адаптацией, поэтому их можно отнести к группе сортов интенсивного типа, которые при улучшении условий выращивания формируют более высокую урожайность, нежели остальные.

Согласно средней урожайности и индекса среды, была рассчитана величина отклонения фактической урожайности сорта от его теоретической, т.е. определена стабильность сортов [15, с. 37]. Все сорта показали низкий уровень отклонения, что позволяет говорить об их высокой стабильности (табл. 3).

Таблица 3

Стабильность сортов озимой тритикале, 2018–2020 гг.

Сорт	Урожайность, т/га									Стабильность
	2018 г.			2019 г.			2020 г.			
	Факт.	Теор.	Отклонение	Факт.	Теор.	Отклонение	Факт.	Теор.	Отклонение	
Нелли – контроль	0,40	0,40	0,00	0,62	0,63	–0,01	0,87	0,86	+0,01	0,00
Трибун	0,62	0,61	+0,01	0,97	1,00	–0,03	1,37	1,36	+0,01	0,00
Интерес	0,33	0,38	–0,05	0,91	0,81	+0,10	1,16	1,21	–0,05	0,02
ПРАГ 152	0,37	0,40	–0,03	0,78	0,71	+0,07	0,98	1,01	–0,03	0,01
Хлебороб	0,89	0,81	+0,08	1,17	1,34	+0,17	1,92	1,84	+0,08	0,04
Жнец	0,66	0,65	+0,01	1,05	1,08	–0,03	1,49	1,48	+0,01	0,00
Ураган	0,74	0,77	–0,03	1,06	1,01	+0,05	1,22	1,25	–0,03	0,00

Table 3

Stability of winter triticale cultivars, 2018–2020

Cultivar	Yield, t/ha									Stability
	2018			2019			2020			
	Actual	Theor.	Deviation	Actual	Theor.	Deviation	Actual	Theor.	Deviation	
Nelli – control	0.40	0.40	0.00	0.62	0.63	–0.01	0.87	0.86	+0.01	0.00
Tribun	0.62	0.61	+0.01	0.97	1.00	–0.03	1.37	1.36	+0.01	0.00
Interes	0.33	0.38	–0.05	0.91	0.81	+0.10	1.16	1.21	–0.05	0.02
PRAG 152	0.37	0.40	–0.03	0.78	0.71	+0.07	0.98	1.01	–0.03	0.01
Khleborob	0.89	0.81	+0.08	1.17	1.34	+0.17	1.92	1.84	+0.08	0.04
Zhnets	0.66	0.65	+0.01	1.05	1.08	–0.03	1.49	1.48	+0.01	0.00
Uragan	0.74	0.77	–0.03	1.06	1.01	+0.05	1.22	1.25	–0.03	0.00

Каждому сорту присущ свой уровень реакции на изменение условий выращивания (метеорологические факторы среды). Именно этот уровень определяет возможность и перспективность возделывания сорта в конкретных почвенных и климатических условиях, особенно это важно для засушливых зон юга Российской Федерации. В табл. 4 показаны основные параметры адаптивности исследуемых сортов озимой тритикале.

Таблица 4

Основные показатели адаптивности сортов озимой тритикале

Сорт	Урожайность, т/га		Устойчивость к стрессу	Генетическая гибкость	Коэффициент адаптивности	Коэффициент пластичности	Стабильность
	Макс.	Мин.					
Нелли – контроль	0,87	0,40	-0,47	0,64	0,68	0,35	0,00
Трибун	1,37	0,62	-0,75	1,00	1,06	0,56	0,00
Интерес	1,16	0,33	-0,83	0,74	0,86	0,62	0,02
ПРАГ 152	0,98	0,37	-0,61	0,68	0,76	0,46	0,01
Хлебороб	1,92	0,89	-1,03	1,40	1,43	0,77	0,04
Жнец	1,49	0,66	-0,83	1,08	1,15	0,62	0,00
Ураган	1,22	0,74	-0,48	0,98	1,09	0,36	0,00

Table 4

Main adaptability indicators of winter triticale cultivars

Cultivar	Yield, t/ha		Stress resistance	Genetic flexibility	Adaptability coefficient	Plasticity coefficient	Stability
	max.	min.					
Nelli – control	0.87	0.40	-0.47	0.64	0.68	0.35	0.00
Tribun	1.37	0.62	-0.75	1.00	1.06	0.56	0.00
Interes	1.16	0.33	-0.83	0.74	0.86	0.62	0.02
PRAG 152	0.98	0.37	-0.61	0.68	0.76	0.46	0.01
Khleborob	1.92	0.89	-1.03	1.40	1.43	0.77	0.04
Zhnets	1.49	0.66	-0.83	1.08	1.15	0.62	0.00
Uragan	1.22	0.74	-0.48	0.98	1.09	0.36	0.00

При оценке пластичности и стабильности сорта в условиях частого проявления стрессовых метеорологических факторов засушливой полупустынной зоны необходимо учитывать такой показатель, как устойчивость к стрессу (разница между минимальной и максимальной урожайностью сорта) [16]. Наибольшей устойчивостью к стрессу обладали сорта Интерес, Жнец и Хлебороб (от -0,83 до -1,03). Кроме того, сорту Хлебороб принадлежит также максимальный показатель соотношения между его биологическими потребностями и условиями среды выращивания, что позволяет выделить данный сорт как наиболее генетически гибкий (генетическая гибкость — 1,40) среди всех сортов, находившихся в испытании.

Заключение

В результате проведенного сравнительного анализа изученных сортов озимой тритикале выделены адаптированные сорта Трибун, Жнец, Ураган и Хлебороб, способные формировать в аридных условиях полупустынной зоны северо-западной части Астраханской области в среднем до 0,99...1,33 т/га зерна.

Лучшими основными показателями адаптивности из изучаемого набора сортов обладал Хлебороб, показав при стабильно высокой продуктивности (0,89...1,92 т/га) высокую стрессоустойчивость (–1,03) и генетическую гибкость (1,40), что подтвердило возможность и необходимость внедрения этого сорта в агропроизводство полупустынной зоны северо-западной части Астраханской области.

Библиографический список

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. М.: Агрорус, 2008. Т. 1. 814 с.
2. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 5. С. 617—626.
3. Назранов Х.М., Нагудова Ф.Х., Калмыков А.М. Комплексная оценка адаптационного потенциала в условиях вертикальной зональности центральной части Северного Кавказа // *Вестник КрасГАУ*. 2011. № 11. С. 71—75.
4. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестник РАСХН*. 2005. № 6. С. 49—53.
5. Щипак Г.В., Святченко С.И., Ничипорук Е.А., Щипак В.Г., Щипак В.В., Вось Х., Хегарти Д. Результаты селекции тритикале на улучшение хлебопекарных свойств // *Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья: материалы заседания секции тритикале ОСХН РАН онлайн*. Ростов-на-Дону, 2021. С. 43—65. doi: 10.34924/FRARC.2020.13.52.001
6. Федорова В.А. Экологическая пластичность сортов озимой тритикале в условиях северо-западного Прикаспия // *Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса*. 2020. № 1(43). С. 21—24. doi: 10.32935/2221-7312-2020-43-1-21-24
7. Макаров М.Р. Актуальность получения новых сортов озимой тритикале, адаптированных к условиям конкретного региона // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т. 5. № 4. С. 206—210.
8. Сурин Н.А., Михарева О.Г. Использование критериев адаптивности при оценке новых сортов зерновых культур в системе государственного сортоиспытания // *Проблемы опустынивания и защита биологического разнообразия природно-хозяйственных комплексов аридных регионов России: сб. междунар. науч.-практ. конф. М.: Совр. тетради, 2003. С. 127—132.*
9. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop sci*. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36—40.
10. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» // *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3—6.
11. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments // *Crop Sci*. 1981. V. 21(6). P. 943—946. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
12. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // *Труды о сельскохозяйственной метеорологии*. 1928. Вып. 20. С. 169—178.
13. Мамаев В.В., Никифоров В.М. Оценка урожайности, адаптивности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Брянской области // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 7. С. 125—128.
14. Canega V.A., Турсумбскова Г.Ш., Canega C.B. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур // *Достижение науки и техники АПК*. 2012. № 10. С. 22—26.
15. Canega V.A. Продуктивность и параметры интенсивности и стабильности сортов ярового ячменя // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 3(51). С. 36—39.
16. Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181. № 4. С. 44—55. doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55

References

1. Zhuchenko AA. *Adaptivnoe rasteniyevodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy): teoriya i praktika. T.1* [Adaptive crop production (ecological and genetic foundations): theory and practice. Vol.1]. Moscow: Agrorus publ.; 2008. (In Russ.).
2. Rybas IA. Breeding grain crops to increase adaptability. *Agricultural biology*. 2016; 51(5):617–626. (In Russ.). doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
3. Nazranov HM, Nagudova FH, Kalmykov AM. Complex estimation of winter triticale adaptive potential in the conditions of the Northern Caucasus central part vertical zonation. *Bulletin of KSAU*. 2011; (11):71–75. (In Russ.).
4. Goncharenko AA. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2005; (6):49–53. (In Russ.).
5. Shipak GV, Svyatchenko SI, Nichiporuk EA, Shipak VG, Shipak VV, Vos H, et al. Results of triticale selection for improvement of baking properties. In: *Triticale. In: Breeding, genetics, agricultural technology and technologies for processing raw materials: conference proceedings*. Rostov-on-Don; 2021. p.43–65. (In Russ.). doi: 10.34924/FRARC.2020.13.52.001
6. Fedorova VA. Ecological plasticity of winter triticale cultivars in the North-Western Caspian region. *Theoretical and applied problems of agro-industry*. 2020;(1):21–24. (In Russ.). doi: 10.32935 /2221-7312-2020-43-1-21-24
7. Makarov MR. The relevance of obtaining new varieties of winter triticale adapted to the conditions of a particular region. *Bulletin of Science and Practice*. 2019; 5(4):206–210. (In Russ.). doi: 10.33619/2414-2948/41/25
8. Surin NA, Mihareva OG. The use of adaptability criteria in the evaluation of new varieties of grain crops in the system of state variety testing. In: *Problems of desertification and protection of biological diversity of natural and economic complexes of arid regions of Russia: conference proceedings*. Moscow: Sovr. Tetradi publ.; 2003. p.127–132. (In Russ.).
9. Eberhart SA, Russell WA. Stability parameters for comparing varieties. *Crop science*. 1966; 6(1):36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
10. Zhivotkov LA, Morozova ZA, Sekatueva LI. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of «Yield». *Seleksiya i semenovodstvo*. 1994; (2):3–6. (In Russ.).
11. Rossielle AA, Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments. *Crop Science*. 1981; 21(6):943–946. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
12. Selyaninov GT. On agricultural climate assessment. In: *Proceedings on agricultural meteorology. Vol.20*. 1928. p.169–178. (In Russ.).
13. Mamaev VV, Nikiforov VM. Ocenka urozhajnosti, adaptivnosti, e'kologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyax Bryanskoj oblasti. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2015; (7):125–129. (In Russ.).
14. Sapega VA, Tursumskova GS, Sapega SV. Productivity and parameters of stability of grades of grain crops. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2012; (10):22–26. (In Russ.).
15. Sapega VA. Productivity and parameters of intensity and stability of spring barley varieties. *Grain economy of Russia*. 2017; (3):36–39. (In Russ.).
16. Yusova OA, Nikolaev PN, Bendina YB, Safonova IV, Aniskov NI. Stress resistance in barley cultivars of various agroecological origin under extreme continental climate conditions. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(4):44–55. (In Russ.). doi: 10.30901/2227-8834-2020-4-44-55

Об авторе:

Валентина Александровна Федорова — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов отдела земледелия и комплексной мелиорации, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Российская Федерация, 416251, Астраханская обл., с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: fedorova59.61@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5998-425X; AuthorID 674496

About author:

Fedorova Valentina Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Plant Resources, Department of Agriculture and Integrated Land Reclamation, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny block, Solenoye Zaymishche vil., Chernoyarsk district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: fedorova59.61@mail.ru
ORCID 0000-0001-5998-425X, AuthorID 674496



DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-263-286

УДК 631.1:581.9(470+570)

Research article / Научная статья

Spatial patterns of crops in Russia

Igor Y. Savin^{1,2}  , Sergey A. Avetyan^{1,3} ,
Ekaterina A. Shishkonakova¹ , Arseny V. Zhogolev¹ 

¹V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation²RUDN University, Moscow, Russian Federation³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation savin_iyu@esoil.ru

Abstract. Information about spatial distribution of agricultural crops in Russia exists only in the form of statistical data aggregated at the level of regions or farms, which does not make it possible to obtain data about the actual distribution of crops. Attempts to use satellite data for mapping of individual crops have not yet been successful either. We have attempted to disaggregate statistical data on crop areas using map of ploughed soils in Russia, information on crop rotations, and assessment of suitability of land for cultivation of specific crops. An analysis was conducted for the 28 most common crops in Russia. Maps of the distribution of these crops in the country were constructed. The maps give an idea of the geography of crops in Russia and can be used to improve approaches to satellite mapping and monitoring of crop areas in the country.

Keywords: croplands, crop mask, cropped area, statistical data disaggregation, Russia

Conflicts of Interest. The authors declare no conflict of interest.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Author Contributions: Conceptualization—IYS; methodology—IYS, SAA; validation—EAS, AVZ; data curation—AVZ; writing/original draft preparation—IYS, SAA; writing/review and editing—IYS; visualization—AVZ. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding. The research was funded by the RFBR (No. 19-05-50063).

Article history: Received 20 May 2022. Accepted 14 June 2022.

© Savin I.Y., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Zhogolev A.V., 2022



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

For citation: Savin IY, Avetyan SA, Shishkonakova EA, Zhogolev AV. Spatial patterns of crops in Russia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):263—286. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-263-286

Introduction

Information about crop location is important for planning and forecasting agricultural production and regulating agricultural markets. It is widely used in shaping overall agricultural land use policies [1], in crop insurance [2, 3], in planning production and sales of seeds, fertilizers and crop protection products [4] and in planning humanitarian assistance to food insecure countries [5, 6].

In many countries around the world, where there is a well-developed statistical service, information on crop area is collected as part of the statistical reporting of agricultural enterprises and farmers. It is very time-consuming to collect this information, and in most cases, the specific field's location where the crop is grown is not included.

In many countries of the world, information on cropped area is not regularly collected at all. The only source of data on the areas of cultivation of individual crops for these countries is the expert estimates of FAO experts [7].

In recent decades, there has been active research in developing methods for satellite monitoring of crops [8—11]. The main goal of such research was to develop rapid, accurate, and low-cost methods for crop condition assessment and yield prediction. Most of the currently available approaches are based on the analysis of seasonal and multi-year dynamics of crop vegetation index values [12]. In order to aggregate vegetation index values for all pixels with crops of a particular crop and exclude from the analysis pixels where the crop in question is not cultivated, accurate individual crop masks are needed. Therefore, methods are being developed to detect individual crops from satellite data to create their masks [13]. But, due to insufficient data at the appropriate scale, these methods are still little used in operational satellite monitoring systems. The values of vegetation indices are at best aggregated for the entire arable land area of the analyzed region [8, 10].

In Russia during the Soviet era, there was a well-functioning system of agricultural statistical data collection. In addition, agricultural enterprises used to strictly adhere to directives about sown areas, which made the advance knowledge of production fairly accurate [14]. After the collapse of the Soviet Union agricultural producers became increasingly oriented to the needs of the market when choosing crops to cultivate, which significantly and unpredictably changed the geography of individual crop sowing. Climate change has also had an impact. Some crops can now be grown in previously unsuitable areas. As a result, there has been a strong change in the sowing area of crops. In many regions of Russia, it is especially noticeable for such crops as soybean, rape, sunflower, maize [15].

The goal of our research was to create maps of the location of the main crops in Russia for 2020, which would provide accurate information about the geography of crops in the country, and would also serve as a basis for refining the approaches of satellite monitoring of crops.

Materials and Methods

To construct the map, we used statistical data on the areas of crops sown in 2020, collected by the State Statistics Committee of Russia for all administrative districts of the country (a total of 1868 administrative districts) [16]. Data for the following crops were analyzed: winter and spring wheat, winter and spring barley, winter and spring rye, winter and spring rape, winter and spring triticale, oats, maize for grain, sunflowers for seed, sorghum, rice, sugar beets, potatoes, millet, buckwheat, peas, soybeans, flax for oil, flax for fiber, mustard, redevye (*Camelina saliva Czantz.*), annual and perennial grasses, and maize for silage. Data are presented in hectares.

Only annual crops were analyzed. This is due to the fact that perennial crops are less important for Russia and their areas are insignificant. In addition, the existing satellite agricultural monitoring systems in the world also do not include perennial crops in the analysis.

We used a vector map of administrative boundaries of Russia (analogue of the GAUL database level 3 (The Global Administrative Unit Layers dataset, implemented by FAO within the CountrySTAT and Agricultural Market Information System (AMIS) projects), which were digitized from topographic maps of scale 1:50000 [17].

A vector map of ploughed soils in Russia was also used [18]. The geometric part of the map represents the mapping units of the vector soil map of Russia (vector map, created using original paper soil map of Russia at scale 1:2,5 mln. It is available in a form of geotiff (pixel size is 300 m) file or as a shape file) [19], to which the information about the type of prevailing and three associated soils in each soil-geographical unit is attached. Also in the attribute part of this database is the percentage of plowing of each of these soils is indicated. There are a total of 25711 map units, with attributive information attached to each unit.

The suitability of the ploughed soils for cultivation of specific crops was assessed. The assessment was done based on the FAO approaches [20], adapted to the specifics of Russian crops [21]. The evaluation was based on the analysis of soil properties, without taking into account the terrain features and specifics of the climate. All soils were assigned to 3 evaluation classes: suitable without limitations, limited suitable, and unsuitable.

Literature data on typical crop rotations used in different oblasts and agro-climatic zones of Russia were also used in the analysis [22]. It should be noted that the information on crop rotations is rather schematic and is of a recommendatory nature. There is no information on the extent to which crop rotations are maintained in a particular area.

All vector maps used for the analysis were presented in a projection with the following parameters:

- Lambert Azimuthal Equal Area;
- Datum: WGS 1984;
- Ellipsoid: WGS 84 ($a=6378137.00$, $1/f=298.257223563$);
- False Easting: 0.0000;
- False Westing: 0.0000;

- Central meridian: 100.00 E;
- Central parallel: 45.00 N;
- Scale factor: 1.000.

In the first stage of the study, the map of ploughed soils of Russia was crossed with the map of administrative districts of Russia. After that, statistical data on the areas sown to individual crops were linked to the divisions and names of ploughed soils within each administrative district. When linking individual crops to a specific soil, the suitability of that soil for the crop was taken into account. Once the crops that statistically appear to be cultivated in a particular administrative area were associated with soils and soil-geographical divisions, the logic of the set of crops assigned to the same soil was analyzed in terms of possible crop rotations. On this basis, the association of crops with soils and the areas of specific crops assigned to specific soils were corrected.

A similar procedure was carried out by three independent experts. All cases of inconsistency in the experts' decisions on a particular soil for a particular crop were discussed collegially to make a final decision by consensus.

The statistical data on cropped area was processed on Microsoft Office Excel Professional 2020. The software used for creating the maps was ILWIS v.3.3 [23].

Results and Discussion

The maps of the spatial distribution of individual crops constructed as a result of the analysis are shown in Appendix A. The maps made it possible for the first time to assess the geography of the sowing of individual crops in Russia.

According to the data obtained, potatoes, annual and perennial grasses, and oats are the most widely sown crops in Russia. These crops are cultivated almost throughout Russia. This is due to the demand for these crops in agriculture (potatoes are the main food crop for the population in many regions of the country, and oats and sown grasses are the main fodder for farm animals), as well as to the lack of climatic restrictions on their growth in the country. The main limitations to the wider spread of these crops in Russia are related to the underdeveloped infrastructure, the country's settlements distribution or economic reasons (less profitable cultivation compared to other crops) [24].

Crops such as rice, soybeans, maize for grain, sugar beets, sorghum, and winter crops (wheat, barley, rye, triticale, rapeseed) are less common and more spatially localized. The distribution of winter crops is mostly conditioned by climate [25]. Sowing areas of winter crops are most common in the south of the European part of the country.

Also due to climatic conditions sowing areas of sorghum and maize are limited. In addition, in areas with a favorable climate, winter wheat, which is a priority for the country, is a big competitor to the sowing of these crops.

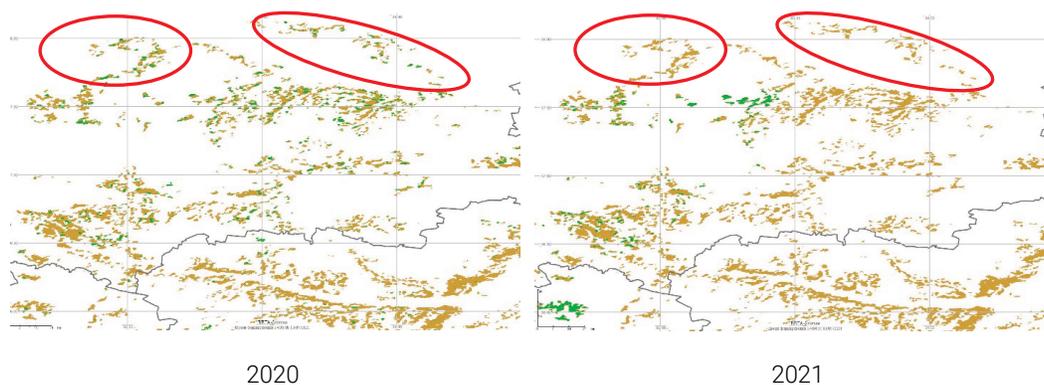
The prevalence of rice crops is related both to climatic conditions and to the crop cultivation traditions of the population and the availability of the necessary infrastructure (systems of water supply to the rice checks).

Soybean production is concentrated in two areas. The first occurs in the Chernozems (black soils) of the European part of Russia and the second in the easternmost part of

the country. The concentration of crops in the Far East is largely due to the traditions of the population and the proximity to China, where this crop is very widespread. And the spread of soybean crops in the European part of Russia is due both to the ever-increasing economic demand for this crop and to trends in climate change in this territory, which is becoming increasingly favorable for soybeans.

We also consider the obtained maps as a basis for satellite detection of crops and improvement of satellite monitoring methods. To improve the quality of crop masks derived from satellite data, these masks can be combined with our crop distribution maps, and those pixels that lie outside the crop distribution ranges indicated on the map can be considered erroneous.

For example, in Russia, operational satellite-based crop monitoring is carried out only for winter crops [26]. Every year, due to crop rotations and economic reasons, crops «migrate» within the mask of arable land (Fig.). But crop sowing areas cannot spread beyond the units of the maps we have compiled, because outside these units there is no land suitable for the crops in question or there is no appropriate infrastructure. Therefore, all pixels of the winter crop mask constructed from satellite data outside of the corresponding pixels units on our map can be considered erroneous and excluded from further analysis.



Satellite-based winter crop masks for 2020, and 2021: brown color — arable lands; green color — winter crop; dark grey lines — administrative boundaries; light grey color — graticule; red ovals delineate areas, where winter crops cannot be cultivated due to unfavorable soil conditions

In addition, our maps can be used for the construction of satellite monitoring technology in Russia not only for winter crops, but also for other crops.

The methods we used in our analysis require statistical data on crop area at the sub-national administrative unit level. Such information is in most cases unavailable for developing countries, which makes it impossible to use such an approach for their territories.

Similar to our approaches are used in European countries, in the United States and in China [10, 27, 28]. Attempts have been made to use similar approaches to create crop masks for individual crops for Russian territory as well. For example, crop masks for wheat, barley, maize, sunflower, and potato were created within the framework of the

EC MARS project [28]. Similar work has been carried out in China [10]. But in these cases, the crop information was entered into a regular grid of 1×1 km in size. This led to a strong generalization of information and distortions in the display of crop areas.

Attempts to directly disaggregate crop area statistics from satellite data have been done for many years [29—31]. The results of such analysis over large areas (countries, continents, global level) are rarely subject to quality assessment, or their quality is assessed in comparison with the same statistics, which is used for disaggregation. But their margin of error can be up to tens of percent [32].

One reason for this is that in all mentioned above cases, the information was not linked to the soils and their characteristics. As a result, part of crops was shown on soils that are obviously unsuitable for cultivation of the crops in question. In our case, when creating maps, the suitability of soils was taken into account, which allows to eliminate such errors.

Conclusions

A great deal of research exploring agricultural production planning, and monitoring ignores the spatial component, and this manuscript is able to identify where main crops cultivation in Russia is located. Additionally, our maps can help researchers easily conduct studies on agricultural land use planning, crop monitoring, and crop yield forecasting in specific places.

The results can be used for improvement of modern methods of satellite-based crop monitoring in Russia by fusion of our maps with remote sensing methods of crop detection and masking.

Taking into account the spatial location of specific crops can increase the accuracy of their status monitoring and crop yield forecasting. In addition, our maps can be used to organize satellite monitoring of crops, which have not yet been monitored worldwide due to the lack of data on their geography.

Maps of crops in Russia, ha, black lines – administrative units' boundaries (oblast)

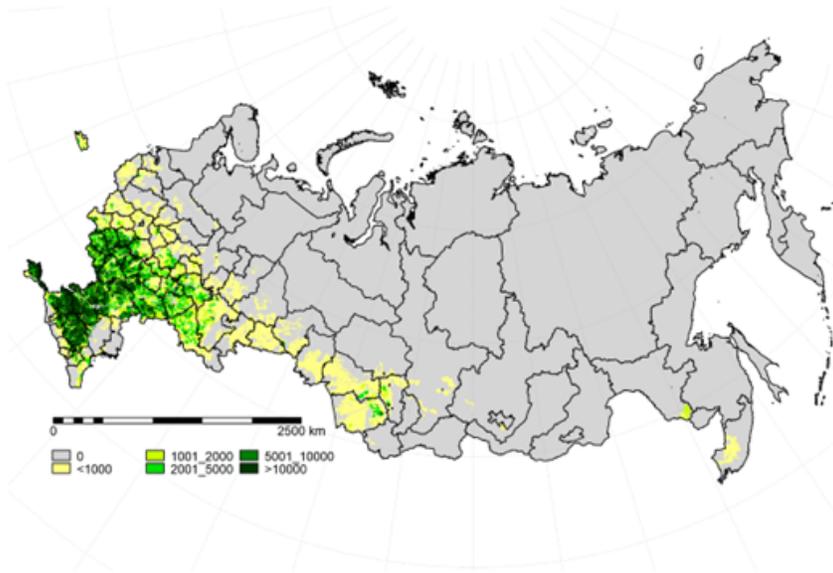


Fig. A1. Winter wheat



Fig. A2. Winter barley



Fig. A3. Winter rye



Fig. A4. Winter triticale



Fig. A5. Winter rapeseeds

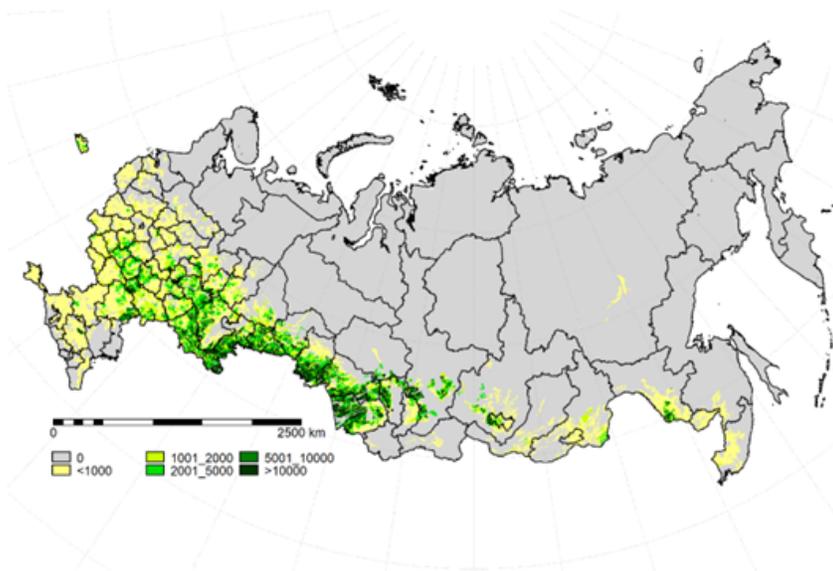


Fig. A6. Spring wheat

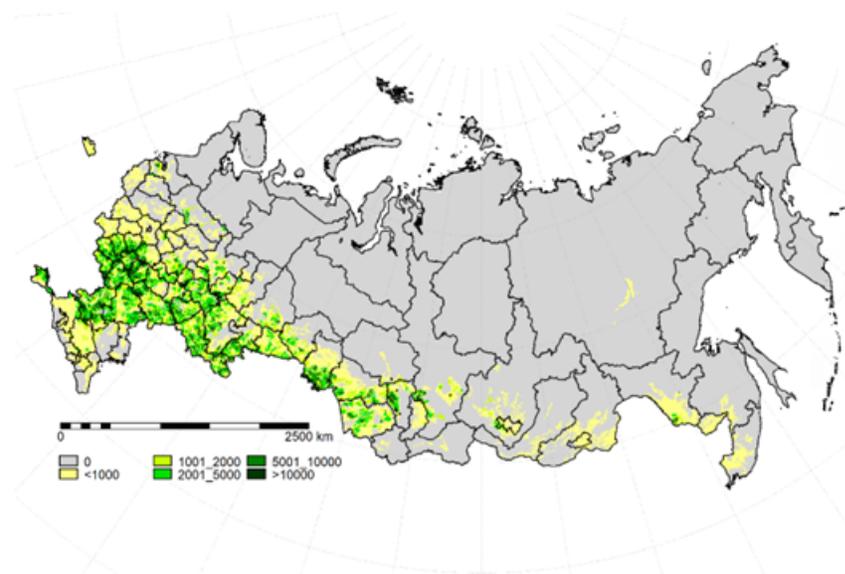


Fig. A7. Spring barley



Fig. A8. Spring rye



Fig. A9. Spring triticale

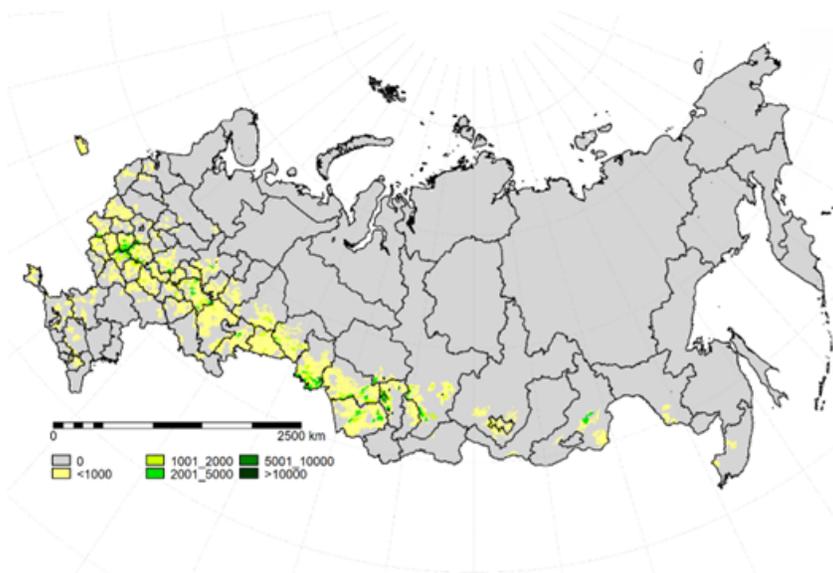


Fig. A10. Spring rapeseeds

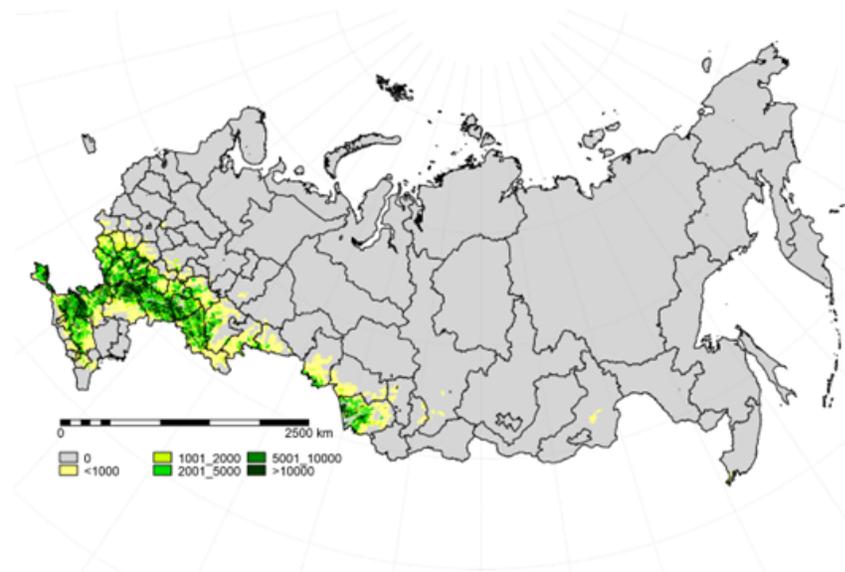


Fig. A11. Sunflower



Fig. A12. Soybeans



Fig. A13. Sorghum

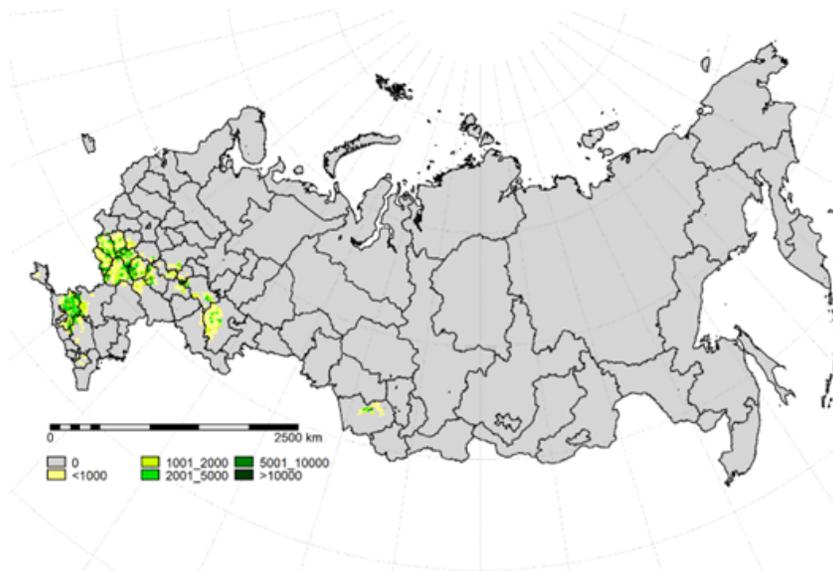


Fig. A14. Sugar beets

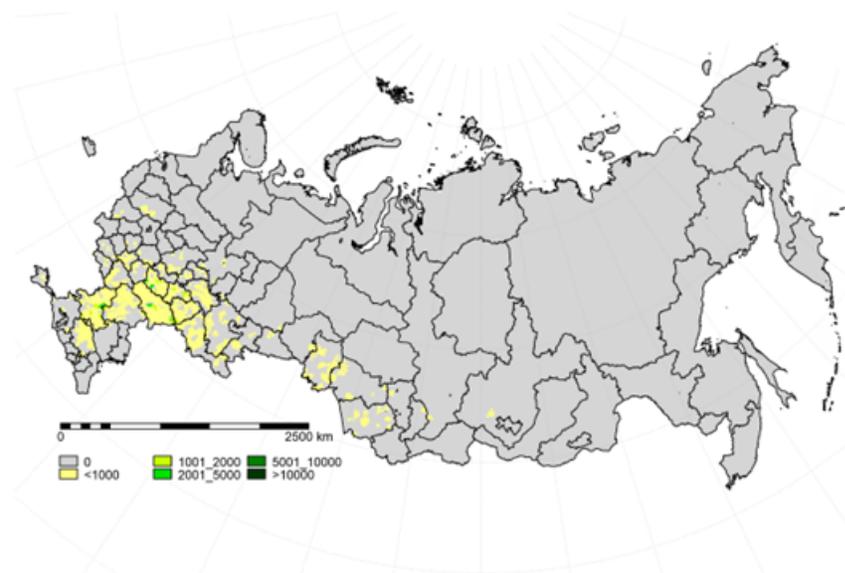


Fig. A15. Redeye (*Camelina saliva* Czantz.)



Fig. A16. Rice

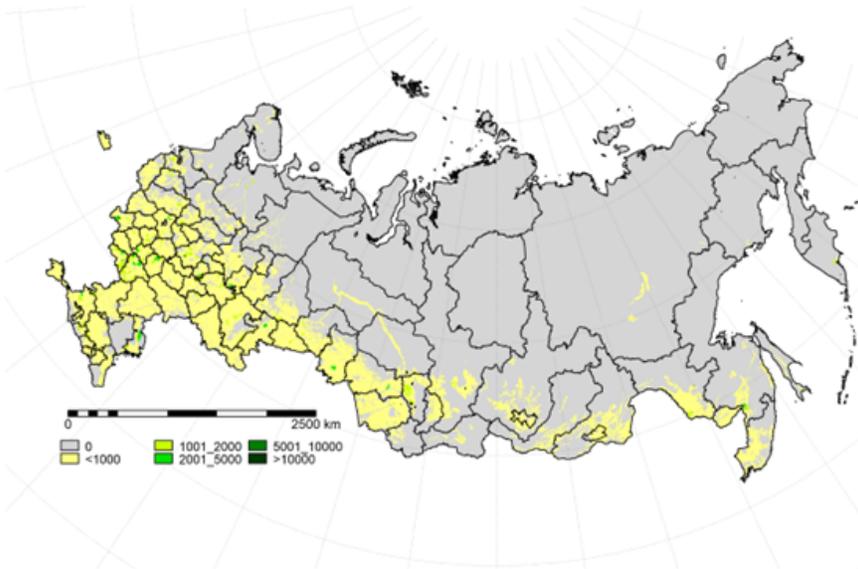


Fig. A17. Potato

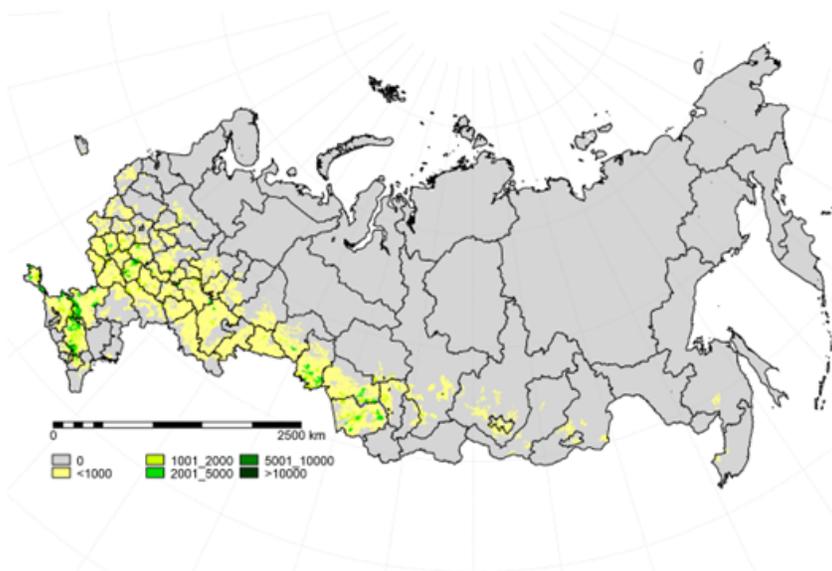


Fig. A18. Peas

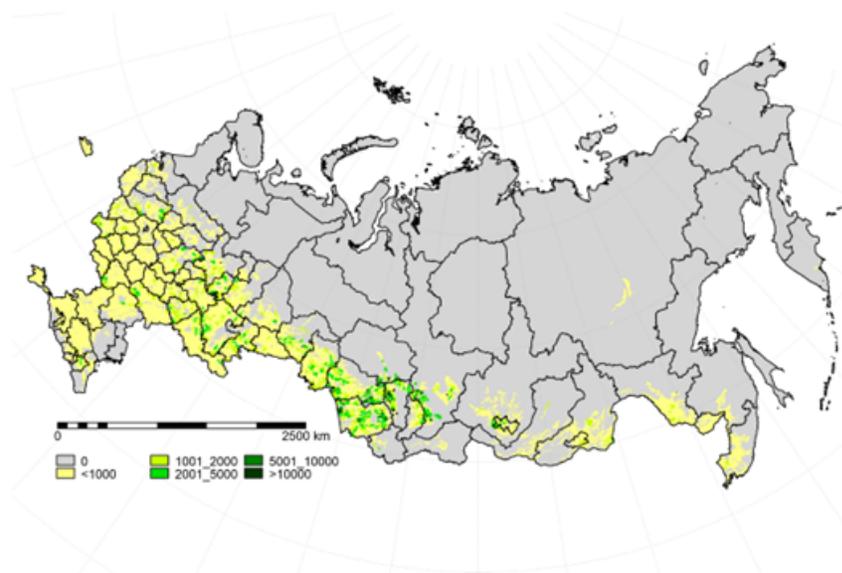


Fig. A19. Oats



Fig. A20. Millets



Fig. A21. Maize for grain

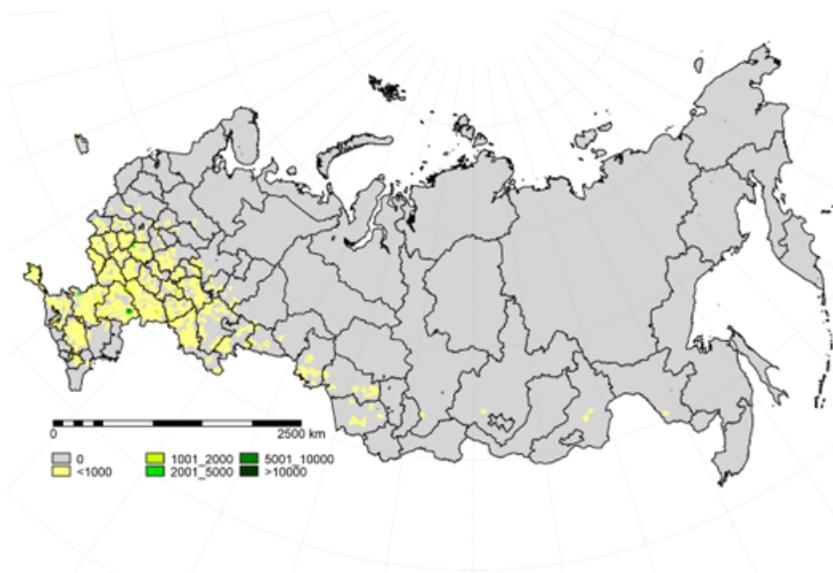


Fig. A22. Mustard

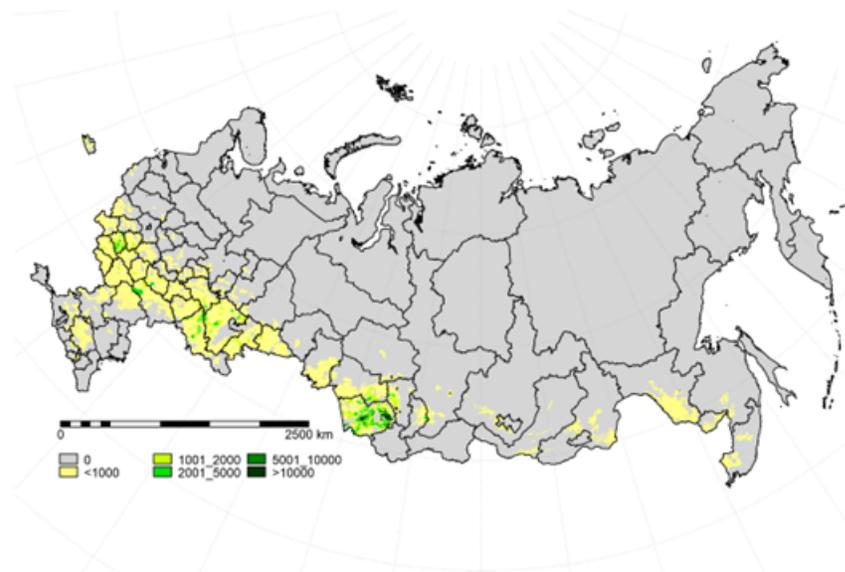


Fig. A23. Buckwheat

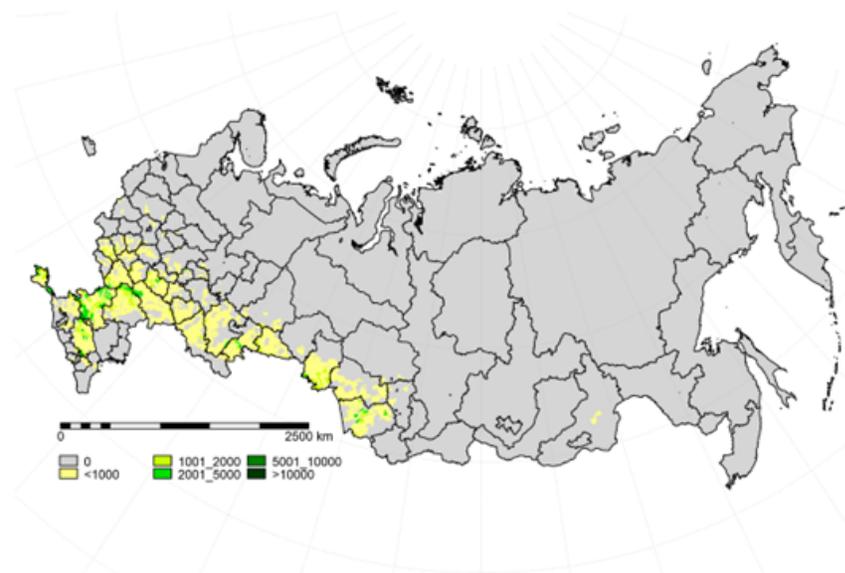


Fig. A24. Flax for oil



Fig. A25. Flax for fiber



Fig. A26. Maize for forage

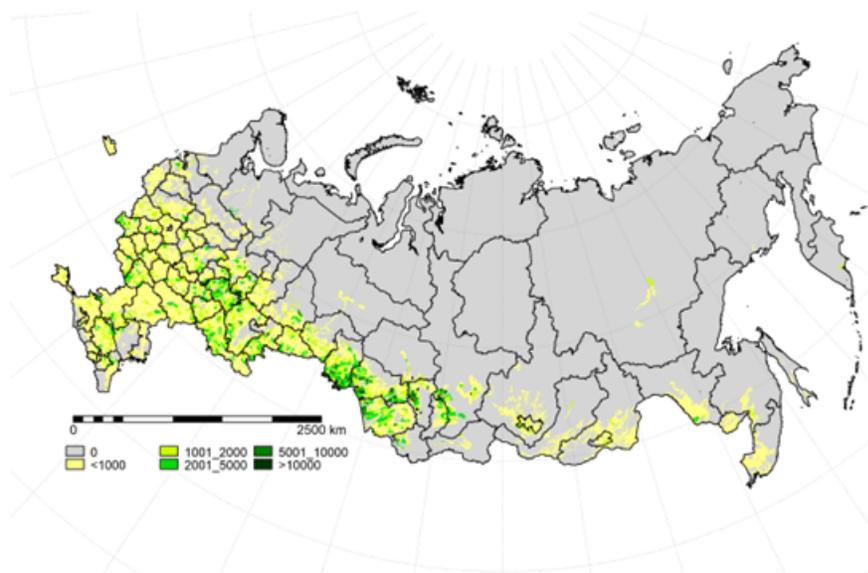


Fig. A27. Annual grasses

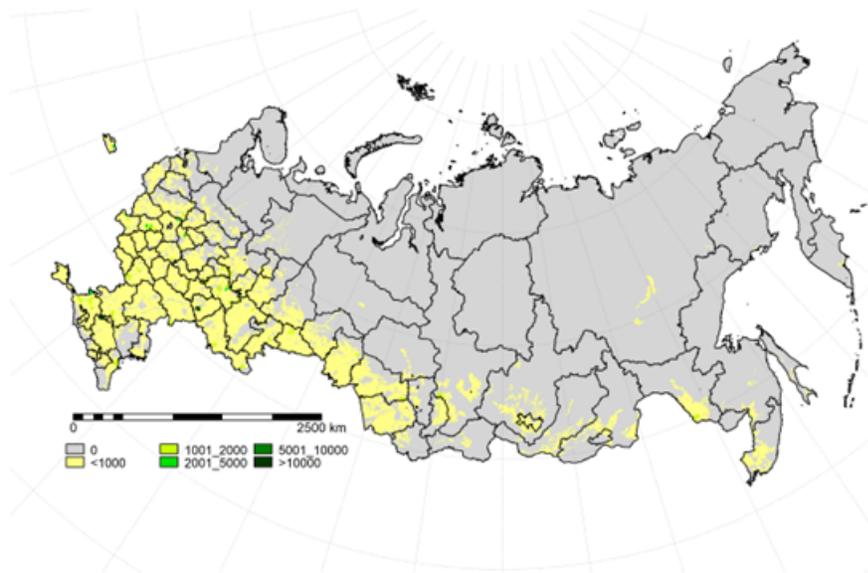


Fig. A28. Perennial grasses

References / Библиографический список

1. Dessart FJ, Rommel J, Barreiro-Hurlé J, Thomas F, Rodríguez-Entrena M, Espinosa-Goded M, et al. *Farmers and the new green architecture of the EU common agricultural policy: A behavioural experiment*. EU European Commission, Joint Research Centre. Report number: 30706, 2021. doi: 10.2760/718383
2. Santeramo FG, Ramsey AF. Crop Insurance in the EU: Lessons and Caution from the US. *EuroChoices*. 2017; 16(3):34–39. doi: 10.1111/1746-692X.12154
3. Savin IY, Kozubenko IS. Possibilities of satellite data usage in agricultural insurances. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2018; 13(4):336–343. doi: 10.22363/2312-797X-2018-13-4-336-343
4. Bindraban PS, Dimkpa C, Nagarajan L, Roy A, Rabbinge R. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*. 2015; 51:897–911. doi: 10.1007/s00374-015-1039-7
5. OECD/FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030*. Paris, France: OECD Publishing; 2021. doi: 10.1787/19428846-en
6. WFP Evaluation. *WFP Evaluation Communications and Knowledge Management Strategy (2021–2026)*. Available from: https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000128399/download/?_ga=2.267109641.664769273.1626092810-432516319.1626092810&_gac=1.224919144.1626092810.Cj0KCQjw0K-HBhDDARisAFJ6UGiNZbBpPz4sh8mGodTBzmJiWKGy8qMhAnQyzwrrHyGgY5jLX1byW78aArdLEALw_wcB [Accessed 12 May 2022].
7. FAO. *Special Report—2020 FAO/WFP Crop and Food Security Assessment Mission (CFSAM) to the Republic of South Sudan*. FAO. Report number: 3/2021. doi: 10.4060/cb4498en
8. Atzberger C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sensing*. 2013; 5:949–981. doi: 10.3390/rs5020949
9. Rembold F, Atzberger C, Savin I, Rojas O. Using low resolution satellite imagery for yield prediction and yield anomaly detection. *Remote Sens*. 2013; 5:1704–1733. doi: 10.3390/rs5041704
10. Wu B, Meng J, Li Q, Yan N, Du X, Zhang M. Remote sensing-based global crop monitoring: Experiences with China's CropWatch system. *International Journal of Digital Earth*. 2014; 7(2):113–137. doi: 10.1080/17538947.2013.821185.
11. Ennouri K, Kallel A. Remote Sensing: An Advanced Technique for Crop Condition Assessment. *Mathematical Problems in Engineering*. 2019; 9404565. doi: 10.1155/2019/9404565
12. Xue J, Su B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. 2017; 1353691. doi: 10.1155/2017/1353691
13. Zhang Y, Chipanshi A, Daneshfar B, Koiter L, Champagne C, Davidson A, et al. Effect of using crop specific masks on earth observation based crop yield forecasting across Canada. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2019; 13:121–137. doi: 10.1016/j.rsase.2018.10.002
14. Miloserdov VV, Bepakhotny GV. *Regional'noe planirovanie razvitiya sel'skogo khozyaistva* [Regional planning of agricultural development]. Moscow: Ekonomika publ.; 1982. (In Russ.).
Миросердов В.В., Беспяхотный Г.В. Региональное планирование развития сельского хозяйства. М.: Экономика, 1982. 215 с.
15. Polyanskaya NA, Polyansky MV. Influence of climatic variations on manufacture of grain in the Russian Federation. *Modern Problems of Science and Education*. 2014; (5):383. (In Russ.).
Полянская Н.А., Полянский М.В. Влияние климатических изменений на производство зерна в российской федерации // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
16. Federal State Statistics Service. *Official Statistics*. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> [Accessed 12 May 2022]. (In Russ.).
Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> Дата обращения: 12.05.2022.
17. Earth Engine Data Catalog. *FAO GAUL: Global Administrative Unit Layers 2015, Second-Level Administrative Units*. Available from: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/FAO_GAUL_2015_level2 [Accessed 12 May 2022].
18. Savin IY, Stolbovoy VS, Avetyan SA, Shishkonakova EA. Map of plowed soils of Russia. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2018; (94):38–56. doi: 10.19047/0136-1694-2018-94-38-56
19. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Dokuchaev Soil Science Institute. *Unique state registry of soil resources of Russia. Version 1.0. Collective monograph*. Moscow; 2019. <http://egpr.esoil.ru>
Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. Москва; 2019. <http://egpr.esoil.ru>
20. FAO. *A framework for land evaluation*. FAO Soils bulletin 32. Rome: FAO; 1976.
21. Ivanov AL, Savin IY, Egorov AV. Methodology of land resources assessment for agricultural production in Russia (at the example of hop cultivation). *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2014; (73):29–94. (In Russ.). doi: 10.19047/0136-1694-2014-73-29-94

Иванов А.Л., Савин И.Ю., Егоров А.В. Методология оценки ресурсного потенциала земель России для сельскохозяйственного производства (на примере хмеля) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2014. Т. 73. С. 29—94. doi: 10.19047/0136-1694-2014-73-29-94

22. Niklyayev VS. (ed.) *Osnovy tekhnologii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva. Zemledelie i rasteniyevodstvo* [Fundamentals of agricultural production technology. Farming and crop production]. Moscow: Bylina publ.; 2000. (In Russ.).

Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство / В.С. Никляев, В.С. Косинский, В.В. Ткачев, А.А. Сучилина; под ред. В.С. Никляева. М.: Былина, 2000. 555 с.

23. University of Twente. *Integrated Land and Water Information System (ILWIS)*. Available from: <https://www.itc.nl/ilwis/> [Accessed 12 May 2022].

24. Saraikin VA. Economic and structural changes in agricultural production in Russia for the period 2006—2016 (According to agricultural censuses). *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2021; (1):16—23. (In Russ.). doi: 10.31442/0235-2494-2021-0-1-16-23

Сарайкин В.А. Экономические и структурные изменения в сельскохозяйственном производстве России за период с 2006 по 2016 год (по данным сельскохозяйственных переписей) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 1. С. 16—23. doi: 10.31442/0235-2494-2021-0-1-16-23

25. Ivanov AL, Savin IY, Stolbovoy VS. The resource potential of Russian lands for crop farming. *Doklady Akademii Nauk*. 2017; 473(1):346—349. (In Russ.). doi: 10.7868/S0869565217080175

Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С. Ресурсный потенциал земель России для развития растениеводства // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473. № 1. С. 346—349. doi: 10.7868/S0869565217080175

26. Tolpin VA, Balashov IV, Lupyay EA, Savin IY. «VEGA» Satellite-based service. *Earth from Space*. 2011; (9):32—37.

27. Perez-Hoyos A, Rembold F, Kerdiles H, Gallego J. Comparison of global land cover datasets for cropland monitoring. *Remote Sensing*. 2017; 9(11):1118. doi: 10.3390/rs9111118

28. Royer A, Genovese G. (eds.) *Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System. Vol.3. Remote Sensing Information, Data Processing and Analysis*. Luxembourg: OPOCE; 2004.

29. Ozdogan M. The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis. *Remote Sensing of Environment*. 2010; 114(6):1190—1204. doi: 10.1016/j.rse.2010.01.006

30. You L, Wood S, Wood-Sichra U. Generating plausible crop distribution maps for Sub-Saharan Africa using a spatially disaggregated data fusion and optimization approach. *Agricultural Systems*. 2009; 99(2—3):126—140. doi: 10.1016/j.agsy.2008.11.003

31. You L, Wood S. An entropy approach to spatial disaggregation of agricultural production. *Agricultural Systems*. 2006; 90(1—3):329—347. doi: 10.1016/j.agsy.2006.01.008

32. Savin IY, Vernyuk YI, Isaev VA. Operative satellite monitoring of crops. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2014; (1):22—23. (In Russ.).

Савин И.Ю., Вернюк Ю.И., Исаев В.А. Оперативный спутниковый мониторинг посевов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. С. 22—23.

Пространственное размещение посевов сельскохозяйственных культур в России

И.Ю. Савин^{1,2}  , С.А. Аветян^{1,3} ,

Е.А. Шишконокова¹ , А.В. Жоголев¹ 

¹ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Российская Федерация

²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

г. Москва, Российская Федерация

 savin_iyu@esoil.ru

Аннотация. Информация о пространственном распределении сельскохозяйственных культур в России существует только в виде статистических данных, агрегированных на уровне регионов или хозяйств, что не позволяет получить данные о фактическом пространственном размещении посевов. Попытки исполь-

зовать спутниковые данные для картирования отдельных культур также пока не увенчались успехом. Мы попытались дезагрегировать статистические данные о площадях посевов, используя карту распаханых почв России, информацию о севооборотах и оценку пригодности земель для выращивания конкретных культур. Анализ был проведен по 28 наиболее распространенным в России культурам. Были построены карты распространения этих культур в стране. Карты дают представление о географии посевов в России и могут быть использованы для совершенствования подходов к спутниковому картографированию и мониторингу посевных площадей в стране.

Ключевые слова: посе́вы, карты посевов, площадь посевов, дезагрегация статистических данных, Россия

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

Вклад авторов: концепция — СИЮ; методология — СИЮ, АСА; валидация — ШЕА, ЖАВ; работа с данными — ЖАВ; написание первой версии — СИЮ, АСА; ревизия и редактирование текста — СИЮ; визуализация результатов — ЖАВ. Все авторы прочитали окончательную версию рукописи и согласны с ней.

Финансирование: Исследования поддержаны РФФИ (грант № 19-05-50063).

Доступность данных: Данные, представленные в этом исследовании, доступны по запросу к контактному лицу.

История статьи: поступила в редакцию 20 мая 2022 г., принята к публикации 14 июня 2022 г.

Для цитирования: Savin I.Y., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Zhogolev A.V. Spatial patterns of crops in Russia // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 263—286. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-263-286

Об авторах:

Савин Игорь Юрьевич — академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 119017, Российская Федерация, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; профессор департамента рационального природопользования Института экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: savin_iyu@esoil.ru
ORCID: 0000-0002-8739-5441
SPIN-код 5132-0631

Аветян Сергей Андреевич — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 119017, Российская Федерация, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; доцент факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: avetyan-serg@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3435-9092
SPIN-код 7628-9836

Шижконова Екатерина Анатольевна — кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 119017, Российская Федерация, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; e-mail: shishkonakova_ea@esoil.ru
ORCID: 0000-0003-4396-2712
SPIN-код 1179-1437

Жоголев Арсений Вадимович — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 119017 Российская Федерация, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; e-mail: zhogolev_av@esoil.ru
ORCID: 0000-0003-2225-7037
SPIN-код 1782-7024

About authors:

Igor Yuryevich Savin—Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Soil Mapping, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7/2 Pyzhyovskiy lane, Moscow, 119017, Russian Federation; Professor, Department of Environmental Management, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: savin_iyu@esoil.ru

ORCID 0000-0002-8739-5441

SPIN code 5132-0631

Avetyan Sergey Andreevich—Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Soil Mapping, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7/2 Pyzhyovskiy lane, Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: avetyan-serg@mail.ru

ORCID 0000-0002-3435-9092

SPIN code 7628-9836

Shishkonakova Ekaterina Anatolievna—Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Soil Mapping, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7/2 Pyzhyovskiy lane, Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: shishkonakova_ea@esoil.ru

ORCID 0000-0003-4396-2712

SPIN code 1179-1437

Zhogolev Arseny Vadimovich—Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Soil Mapping, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7/2 Pyzhyovskiy lane, Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: zhogolev_av@esoil.ru

ORCID 0000-0003-2225-7037

SPIN-код 1782-7024



Генетика и селекция растений Genetics and plant breeding

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-287-298
УДК 633.13:632(470.11)

Научная статья / Research article

Создание исходного селекционного материала клевера лугового с высокими кормовыми качествами для условий Северного региона

В.А. Корелина  , О.Б. Батакова , И.В. Зобнина 

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика
Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук,
г. Архангельск, Российская Федерация
 korelina60@mail.ru

Аннотация. Клевер луговой — основная многолетняя бобовая культура в Северном регионе. Изложены результаты изучения в конкурсном сортоиспытании (2019 и 2021 гг.) 10 образцов клевера лугового по питательной ценности и кормовой продуктивности. Проведена оценка продуктивности, количества сырого протеина, жира, клетчатки, сахара, зольных элементов, каротина в контрастных метеорологических условиях. Годы исследования по сумме температур, накоплению осадков и гидротермическому коэффициенту имели существенные различия. За период отрастание — начало цветения клевера лугового гидротермический коэффициент (ГТК) составил в 2019 г. 2,2, в 2021 г. — 0,75. Цель исследований — изучение питательной ценности и продуктивности селекционных образцов клевера лугового и отбор перспективных для дальнейшей селекционной работы. Выявлена превалирующая роль погодных условий над сортовыми особенностями образцов. В засушливый 2021 г. изучаемые показатели питательной ценности (кроме фосфора) были выше, чем во влажный 2019 г. По содержанию питательных веществ выделены следующие сортообразцы СД-326, К-17421, К-46524, К-44964, К-1939, достоверно превышающие стандарт или показывающие результат на уровне стандарта по двум и более химическим компонентам. По высокой питательной ценности и сбору протеина в среднем за два года испытаний

© Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В., 2022



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

достоверно подтвердили превышение над стандартом три образца: СД-326—1227 кг/га (+ 130 кг/га), К-17421—1308 кг/га (+ 211 кг/га), К-46524—1156 кг/га (+ 59 кг/га). Полученные результаты будут использованы при создании сортов клевера лугового с высокими питательными свойствами и кормовой продуктивностью.

Ключевые слова: клевер луговой, сортообразец, кормовая продуктивность, питательная ценность

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

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН № 0409-2021-0004.

История статьи: поступила в редакцию 29 марта 2022 г.; принята к публикации 11 мая 2022 г.

Для цитирования: Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В. Создание исходного селекционного материала клевера лугового с высокими кормовыми качествами для условий Северного региона // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 287—298. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-287-298

Creation of initial breeding material of red clover with high fodder qualities for conditions of Northern region

Valentina A. Korelina  , Olga B. Batakova , Irina V. Zobnina 

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation
 19651960@mail.ru

Abstract. Red clover is the main perennial legume crop in the Northern region. The article presents the results of the competitive variety testing of accessions (2019 and 2021) on nutritional value and feed productivity. Amounts of crude protein, fat, fiber, sugar, ash elements and carotene were estimated in contrasting meteorological conditions. The research years had significant differences in the sum of temperatures, precipitation accumulation and hydrothermal coefficient. During 'regrowth-beginning of flowering' period of red clover, the hydrothermal coefficient was 2.2 in 2019, and 0.75 in 2021. The purpose of the research was to study the nutritional value and productivity of breeding samples of red clover and selection of promising ones for further breeding work. The prevailing role of weather conditions over the varietal features of samples was revealed. In the dry year 2021, the studied indicators of nutritional value (except phosphorus) were higher than in the wet year 2019. In terms of nutrient content, SD-326, K-17421, K-46524, K-44964, K-1939 were identified, significantly exceeding the standard or showing a result at the standard level for two or more chemical components. In terms of high nutritional value and protein yield, three samples reliably confirmed the excess over the standard on average for two years of testing: SD-326-1227 kg/ha (+ 130 kg/ha), K-17421—1308 kg/ha (+ 211 kg/ha), K-46524-1156 kg/ha (+ 59 kg/ha). The obtained results will be used in future creation of red clover cultivars with high nutritional properties and feed productivity.

Keywords: red clover, variety, feed productivity, nutritional value

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

Acknowledgement. The research was carried out within the framework of the State Assignment of N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. 0409-2021-0004.

Article history: Received 26 October 2021. Accepted 14 February 2022

For citation: Korelina VA, Batakova OB, Zobnina IV. Creation of initial breeding material of red clover with high fodder qualities for conditions of Northern region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):287—298. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-287-298

Введение

В системе полевого кормопроизводства Северного региона для заготовки полноценного питательного корма существенную роль, в сравнении с другими кормовыми культурами, играет клевер луговой. Ценность его как белковой культуры обусловлена высокими продуктивностью, кормовыми достоинствами, низкой энергоемкостью возделывания, малой требовательностью к почвенному плодородию [1—3]. Ю.К. Новоселов и др. отмечают, что «низкое качество кормов приводит к снижению продуктивности животноводства и перерасходу на 30...50 % объёмистых кормов и концентратов» [4].

Ряд селекционеров, работающих в различных регионах нашей страны, отмечают, что «в повышении продуктивного и биологического потенциала культуры важная роль принадлежит селекции. Успех селекционной работы во многом определяется качеством исходного материала. В решении данной задачи исходный материал различного селекционного и эколого-географического происхождения и его качество имеет исключительную значимость» [5, 6].

По мнению многих исследователей, создание сортов должно проводиться с учетом природно-климатической зоны, каждый регион должен располагать сортами сельхозкультур, которые способны реализовать биологический потенциал региона, для которого они предназначены [7—9]. Создание и внедрение в производство перспективных сортов клевера лугового, которые в своем генотипе сочетают высокую кормовую продуктивность с питательностью корма, является приоритетной задачей в улучшении кормовой базы животноводства [10—12].

Исследования по повышению питательной ценности сортов клевера лугового очень малочисленны. Селекционная работа в основном ведется в направлении повышения продуктивных свойств сортов, за счет которых увеличивается общий сбор белка. Однако в настоящее время есть все основания считать возможным проведение селекционной работы по повышению качественных свойств клевера, так как генофонд культуры располагает источниками с высокой питательной ценностью.

Цель исследований — изучение питательной ценности и продуктивности селекционных образцов клевера лугового и отбор перспективных для дальнейшей селекционной работы.

Материалы и методы исследования

В питомнике конкурсного сортоиспытания изучали 10 образцов клевера лугового. Полевые и лабораторные исследования проводились в 2019 и 2021 гг. в лаборатории растениеводства Архангельского НИИСХ (юго-восточная часть

Архангельской области). Координаты территории 61°09' с.ш. и 46°32' в.д. Почвы опытного участка представлены дерново-подзолистыми суглинками, среднего уровня плодородия. Мощность пахотного горизонта — 20—22 см, рН — 6,5, содержание гумуса — 1,6 %, общего азота — 0,11 %, P_2O_5 — 23,5 и K_2O — 27,8 мг на 100 г почвы.

Вегетационный период 2019 г. был по среднесуточной температуре на 0,5 °С ниже нормы (норма 1067 °С), количество осадков на 57 % выше нормы (норма 448 мм), за период отрастание-начало цветения гидротермический коэффициент (ГТК) составил 2,2. Вегетационный период 2021 г. по среднесуточной температуре воздуха был на 2,9 °С выше среднемноголетних значений, сумма осадков за период отрастание — начало цветения составила 75 % от нормы, ГТК составил 0,75 (что не характерно для данной зоны).

Экспериментальную работу проводили согласно методическим указаниям¹. Исследования химического состава растительных образцов осуществляли с помощью ГОСТ 32040-2012 и методических рекомендаций². Математическую обработку экспериментальных данных проводили статистическими методами по Б.А. Доспехову³ и на IBM PC с использованием пакета компьютерных программ AGROS v. 2.07 и программы TATGRAPHICS for Windows v. 5.1.

Результаты исследования и обсуждение

Питательная ценность кормовой массы клевера лугового в значительной степени зависит от сортовых особенностей и определяется содержанием в ней переваримых органических веществ, в первую очередь, сырого протеина. Возможность создания новых сортов этой культуры, характеризующихся высоким качеством корма, определяется наличием источников с повышенным содержанием белка. Проведенные исследования показали, что селекционные номера, представленные в опыте, различались по содержанию сырого протеина в сухом веществе (табл. 1). Прежде всего, мы наблюдали резкие различия по данному признаку по годам испытания, если в 2019 г. содержание сырого протеина варьировало от 97,5 до 115,58 г, то в 2021 г. — от 141,56 до 168,42 г, превышение в среднем составило 45 %. Данный факт указывает, что на содержание протеина в условиях севера сильное влияние оказывают метеорологические условия года, а именно средняя температура воздуха в период вегетации растений. По результатам испытаний 2019 г. все образцы по содержанию сырого протеина в сухой массе достоверно превысили стандарт Нива, а в 2021 г. только один образец К-17421 достоверно превысил стандарт на 8,78 г, все остальные образцы находились по данному показателю в пределах ошибки опыта.

¹ Новоселов М.Ю., Переpravо Н.И., Писковацкая Р.Г. и др. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. М.: ВНИИК, 1996. 92 с.

² ГОСТ 32040—2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области. М.: Стандартиформ, 2020. 9 с.; Методические рекомендации по использованию экспресс-методов определения переваримости кормов и кормовых рационов для крупного рогатого скота / сост. А.А. Прозоров и др. Вологда-Молочное, 1995

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 350 с.

Таблица 1

Содержание сырого протеина, жира, клетчатки, сахара в сухом веществе различных сортообразцов клевера лугового, г, в 2019 и 2021 гг.

Образцы	Сырой протеин	+/- к стандарту	Жир	+/- к стандарту	Клетчатка	+/- к стандарту	Сахар	+/- к стандарту
Ст. Нива	<u>97,05</u> 159,64	–	<u>23,33</u> 26,00	–	<u>288,79</u> 288,26	–	<u>117,70</u> 138,44	–
K-43491	<u>111,17</u> 141,56	<u>+14,12</u> –18,08	<u>31,35</u> 35,85	<u>+8,02</u> +9,85	<u>242,68</u> 315,33	<u>–46,11</u> +27,04	<u>156,65</u> 168,23	<u>+38,95</u> +29,79
K-1930	<u>106,68</u> 155,58	<u>+9,63</u> –4,06	<u>29,85</u> 37,77	<u>+6,52</u> +11,77	<u>237,43</u> 284,94	<u>–51,36</u> –3,32	<u>160,18</u> 169,54	<u>+42,48</u> +31,11
СД-326	<u>107,11</u> 164,14	<u>+10,06</u> +4,5	<u>29,64</u> 37,88	<u>+6,31</u> +11,88	<u>238,82</u> 269,85	<u>–49,97</u> –18,41	<u>160,71</u> 170,10	<u>+43,01</u> +31,66
K-1696	<u>111,17</u> 146,56	<u>+14,12</u> –13,08	<u>31,46</u> 35,95	<u>+8,13</u> +9,95	<u>236,68</u> 319,07	<u>–52,11</u> +30,81	<u>157,29</u> 168,18	<u>+39,59</u> +29,74
K-43491	<u>111,18</u> 146,56	<u>+14,16</u> –13,08	<u>31,35</u> 35,95	<u>+8,02</u> +9,95	<u>242,68</u> 319,07	<u>–46,11</u> +30,81	<u>156,65</u> 164,25	<u>+38,95</u> +25,81
K-17421	<u>108,93</u> 168,42	<u>+11,88</u> +8,78	<u>30,50</u> 38,31	<u>+7,17</u> +12,31	<u>236,04</u> 265,04	<u>–52,75</u> –23,22	<u>158,47</u> 165,33	<u>+40,77</u> +26,89
K-46524	<u>111,71</u> 159,11	<u>+14,66</u> –0,53	<u>31,67</u> 40,02	<u>+8,34</u> +14,03	<u>235,29</u> 276,17	<u>–53,50</u> –12,06	<u>159,00</u> 167,34	<u>+41,30</u> +28,90
K-44964	<u>111,71</u> 161,04	<u>+14,66</u> +1,4	<u>31,67</u> 37,88	<u>+8,34</u> +11,88	<u>235,29</u> 285,58	<u>–53,50</u> –2,68	<u>159,00</u> 168,33	<u>+41,30</u> +29,89
K-44932	<u>115,88</u> 155,17	<u>+18,83</u> –4,47	<u>20,97</u> 32,15	<u>–2,36</u> +6,15	<u>255,62</u> 290,00	<u>–33,17</u> +1,74	<u>129,15</u> 145,55	<u>+11,45</u> +7,11
K-1939	<u>101,22</u> 161,36	<u>+4,17</u> +1,72	<u>28,34</u> 37,56	<u>+5,01</u> +11,56	<u>240,12</u> 289,76	<u>–48,67</u> +1,5	<u>159,25</u> 169,33	<u>+41,55</u> +30,89
HCP ₀₅ NSR ₀₅	5,35 8,27		3,63 3,86		16,19 19,95		14,51 11,16	
Примечание: показатели		2019 г. 2021 г.						

Table 1

Content of crude protein, fat, fiber, sugar in the dry matter of red clover varieties, 2019 and 2021

Varieties	Crude protein	+/- to the standard	Fat	+/- to the standard	Fiber	+/- to the standard	Sugar	+/- to the standard
Niva (Standard)	<u>97.05</u> 159.64	–	<u>23.33</u> 26.00	–	<u>288.79</u> 288.26	–	<u>117.70</u> 138.44	–
K-43491	<u>111.17</u> 141.56	<u>+14.12</u> –18.08	<u>31.35</u> 35.85	<u>+8.02</u> +9.85	<u>242.68</u> 315.33	<u>–46.11</u> +27.04	<u>156.65</u> 168.23	<u>+38.95</u> +29.79
K-1930	<u>106.68</u> 155.58	<u>+9.63</u> –4.06	<u>29.85</u> 37.77	<u>+6.52</u> +11.77	<u>237.43</u> 284.94	<u>–51.36</u> –3.32	<u>160.18</u> 169.54	<u>+42.48</u> +31.11
SD-326	<u>107.11</u> 164.14	<u>+10.06</u> +4.5	<u>29.64</u> 37.88	<u>+6.31</u> +11.88	<u>238.82</u> 269.85	<u>–49.97</u> –18.41	<u>160.71</u> 170.10	<u>+43.01</u> +31.66
K-1696	<u>111.17</u> 146.56	<u>+14.12</u> –13.08	<u>31.46</u> 35.95	<u>+8.13</u> +9.95	<u>236.68</u> 319.07	<u>–52.11</u> +30.81	<u>157.29</u> 168.18	<u>+39.59</u> +29.74
K-43491	<u>111.18</u> 146.56	<u>+14.16</u> –13.08	<u>31.35</u> 35.95	<u>+8.02</u> +9.95	<u>242.68</u> 319.07	<u>–46.11</u> +30.81	<u>156.65</u> 164.25	<u>+38.95</u> +25.81

Ending table 1

Varieties	Crude protein	+/- to the standard	Fat	+/- to the standard	Fiber	+/- to the standard	Sugar	+/- to the standard
K-17421	108.93	+11.88	30.50	+7.17	236.04	-52.75	158.47	+40.77
	168.42	+8.78	38.31	+12.31	265.04	-23.22	165.33	+26.89
K-46524	111.71	+14.66	31.67	+8.34	235.29	-53.50	159.00	+41.30
	159.11	-0.53	40.02	+14.03	276.17	-12.06	167.34	+28.90
K-44964	111.71	+14.66	31.67	+8.34	235.29	-53.50	159.00	+41.30
	161.04	+1.4	37.88	+11.88	285.58	-2.68	168.33	+29.89
K-44932	115.88	+18.83	20.97	-2.36	255.62	-33.17	129.15	+11.45
	155.17	-4.47	32.15	+6.15	290.00	+1.74	145.55	+7.11
K-1939	101.22	+4.17	28.34	+5.01	240.12	-48.67	159.25	+41.55
	161.36	+1.72	37.56	+11.56	289.76	+1.5	169.33	+30.89
LSD ₀₅	5.35		3.63		16.19		14.51	
	8.27		3.86		19.95		11.16	
Note: indicators	2019 2021							

Жиры являются одним из источников энергии и многих жирорастворимых витаминов. Содержание жира в 2019 г. по сортообразцам варьировало от 20,97 до 31,67 г, в 2021 г. — от 32,15 до 40,02 г. Результаты исследований показывают, что содержание жира значительно зависит от метеоусловий года, наиболее высокие показатели отмечены в год с высокими значениями среднесуточной температуры. Превышение содержания жира различных образцов было больше в 2021 г. на 26...53 %. Все образцы, за исключением одного, показали достоверное превышение над стандартом по содержанию жира.

Клетчатка — углевод, трудноусвояемый в организме животных. Как недостаток ее, так и избыток плохо влияют на пищеварение. Избыточное содержание клетчатки снижает переваримость и использование других питательных веществ рациона. По данным некоторых авторов, «оптимальное содержание клетчатки в летнем рационе животных зависит от его продуктивности и составляет 22...27 % от сухой массы» [13]. В наших исследованиях по всем изучаемым образцам отмечено повышенное содержание клетчатки в 2019 г. в сравнении с 2021 г., и только стандарт Нива не показал различий по годам. Данный факт указывает на зависимость содержания клетчатки от метеоусловий года. Все изучаемые образцы по данному показателю выгодно отличались от стандарта и были более приближены к оптимальным значениям, необходимых для сбалансированного кормления животных. Наиболее оптимальные значения за два года изучения имели образцы — СД-326, К-17421, К-46524.

Сахара, как и протеин, являются основным источником энергии в кормах [14, 15]. Содержание сахара в опыте варьировало в 2019 г. от 129,15 до 160,71 %, в 2021 г. от 145,55 до 170,10 %, причем в 2021 г. содержание сахара по образцам было выше на 5...13 %, в сравнении с 2019 г. Все образцы, кроме К-44932, достоверно превысили стандарт по содержанию сахара в сухой массе клевера.

В поддержании нормальных жизненных функций живого организма огромную роль играют минеральные вещества (зольные элементы)—макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы. Содержание зольных элементов в сухом веществе клевера варьировало в 2019 г. от 126,90 до 131,40 г, в 2021 г. от 131,01 до 188,88 г, при этом все образцы, находившиеся в изучении в 2019 г., достоверно показали превышение над стандартом, а в 2021 г. только один образец К-46524 значительно превысил стандарт на 90,97 г.

Из минеральных веществ особая роль отводится кальцию и фосфору. Содержание кальция в сухом веществе варьировало в 2019 г. от 8,77 до 10,27 г, в 2021 г. от 10,91 до 14,66 г (табл. 2). В наших исследованиях отмечено более высокое содержание кальция в растениях в сухой вегетационный период 2021 г., чем в сезон вегетации 2019 г. с избытком осадков, при этом различия по годам составили в 9,6 %. Значения по всем образцам за два года изучения по данному признаку находились в пределах ошибки опыта, и только один образец К-44932 резко отличался от всех изучаемых образцов, превышая стандарт на 14,23 г в 2019 г. и на 1,71 г в 2021 г. Не исключено, что в повышенном содержании кальция в данном образце сыграли роль другие факторы, которые нам выявить не представилось возможным.

Таблица 2

**Содержание основных минеральных элементов питания в сухом веществе
в перспективных образцах клевера лугового в 2019 и 2021 гг.**

Образцы	Зольные элементы, г	+/- к стан- дарту, г	Кальций, г	+/- к стан- дарту, г	Фосфор, г	+/- к стан- дарту, г	Каротин, мг	+/- к стан- дарту, мг
Ст. Нива	97,91 137,60	—	8,99 12,95	—	3,42 3,32	—	102,13 140,17	—
К-43491	131,08 134,29	+ 33,17 -3,31	8,77 12,52	-0,22 -0,43	5,14 3,32	+1,72 +0,00	89,01 133,07	-13,12 -7,1
К-1930	126,90 134,07	-10,70 -3,53	9,95 12,52	+0,96 -0,43	4,82 3,21	+1,4 -0,21	82,39 120,77	-19,74 -19,40
СД-326	127,87 138,85	-9,80 -1,25	9,42 13,80	+0,43 +0,85	4,82 3,32	+1,4 +0,00	81,45 141,64	-20,68 +1,47
К-1696	130,75 130,97	-6,85 -6,63	10,06 10,91	+1,06 -2,04	5,03 3,32	+1,61 +0,00	87,61 124,28	-14,97 -15,89
К-43491	131,08 130,01	-6,52 +7,59	8,77 11,24	-0,22 -1,71	5,14 3,21	+1,72 -0,11	89,01 121,92	-13,12 -18,25
К-17421	128,29 140,38	-9,31 +2,78	10,27 14,21	+1,28 +5,43	4,92 3,42	+1,5 +0,10	84,05 68,94	-18,08 -17,23
К-46524	131,29 188,88	-6,31 +51,28	9,95 14,66	+0,96 +1,71	5,03 2,57	+1,61 -0,75	88,72 138,90	-13,41 -1,27
К-44964	131,29 138,57	-6,31 +0,97	9,95 13,05	+0,96 +0,53	5,03 3,42	+1,61 0,00	88,72 142,73	-13,41 +2,56
К-44932	129,87 131,40	-7,73 -6,20	23,22 14,66	+14,23 +1,71	28,78 8,21	+ 25,36 +4,89	111,39 126,59	-9,26 -13,58
К-1939	132,33 141,03	+34,42 +3,43	10,11 12,95	+1,12 0,00	4,87 3,42	+1,55 +0,10	87,12 143,05	-15,03 +2,88
НСР ₀₅ NSR ₀₅	10,33 17,09		4,14 1,25		7,24 1,51		8,89 21,24	
Примечание: показатели	2019 г. 2021 г.							

Table 2

The content of the main mineral nutrients in dry matter in prospective red clover varieties in 2019 and 2021

Varieties	Ash elements, g	+/- to the standard, g	Calcium, g	+/- to the standard, g	Phosphorus, g	+/- to the standard, g	Carotene, mg	+/- to the standard, mg
Niva (Standard)	97.91 137.60	—	8.99 12.95	—	3.42 3.32	—	102.13 140.17	—
K-43491	131.08 134.29	+33.17 -3.31	8.77 12.52	-0.22 -0.43	5.14 3.32	+1.72 +0.00	89.01 133.07	-13.12 -7.1
K-1930	126.90 134.07	-10.70 -3.53	9.95 12.52	+0.96 -0.43	4.82 3.21	+1.4 -0.21	82.39 120.77	-19.74 -19.40
SD-326	127.87 138.85	-9.80 -1.25	9.42 13.80	+0.43 +0.85	4.82 3.32	+1.4 +0.00	81.45 141.64	-20.68 +1.47
K-1696	130.75 130.97	-6.85 -6.63	10.06 10.91	+1.06 -2.04	5.03 3.32	+1.61 +0.00	87.61 124.28	-14.97 -15.89
K-43491	131.08 130.01	-6.52 +7.59	8.77 11.24	-0.22 -1.71	5.14 3.21	+1.72 -0.11	89.01 121.92	-13.12 -18.25
K-17421	128.29 140.38	-9.31 +2.78	10.27 14.21	+1.28 +5.43	4.92 3.42	+1.5 +0.10	84.05 68.94	-18.08 -17.23
K-46524	131.29 188.88	-6.31 +51.28	9.95 14.66	+0.96 +1.71	5.03 2.57	+1.61 -0.75	88.72 138.90	-13.41 -1.27
K-44964	131.29 138.57	-6.31 +0.97	9.95 13.05	+0.96 +0.53	5.03 3.42	+1.61 0.00	88.72 142.73	-13.41 +2.56
K-44932	129.87 131.40	-7.73 -6.20	23.22 14.66	+14.23 +1.71	28.78 8.21	+25.36 +4.89	111.39 126.59	-9.26 -13.58
K-1939	132.33 141.03	+34.42 +3.43	10.11 12.95	+1.12 0.00	4.87 3.42	+1.55 +0.10	87.12 143.05	-15.03 +2.88
LSD ₀₅	10.33 17.09		4.14 1.25		7.24 1.51		8.89 21.24	
Note: indicators	2019 2021							

Фосфор играет значительную роль в физиологии растений и является одним из основных структурных элементов в организме животных. Из всех представленных сортообразцов (см. табл. 2) по содержанию фосфора достоверно выделился один образец K-44932, со значениями по данному показателю 28,78 г и 8,21 г соответственно по годам изучения. Данный образец, как было указано выше, также значительно превосходил стандарт и по кальцию. Все остальные образцы находились по содержанию фосфора в пределах ошибки опыта. При метеоусловиях влажного и прохладного 2019 г. содержание фосфора наблюдалось выше в среднем по сортообразцам на 53 % в сравнении с засушливым вегетационным периодом 2021 г.

Растительные корма клевера богаты витаминами. Мы изучали каротин — предшественник витамина А. Содержание каротина у всех образцов было ниже, чем у стандарта. Сильное влияние на данный показатель оказали погодные условия. За небольшим исключением, у всех образцов содержание каротина было выше в 2021 г., чем 2019 г., и в среднем превышение по образцам составило 42 %.

С использованием показателей сбора сухого вещества и содержания в нем сырого протеина был рассчитан выход сырого протеина с единицы площади изу-

чаемых сортообразцов клевера лугового (табл. 3). Расчет сбора протеина провели в среднем за два года изучения по образцам, показавшим наиболее высокую питательную ценность. Из приведенных в табл. 3 образцов по высокой питательной ценности и сбору протеина достоверно подтвердили превышение над стандартом три образца: СД-326—1227 кг/га (+130 кг/га), К-17421—1308 кг/га (+211 кг/га), К-46524—1156 кг/га (+59 кг/га).

Таблица 3

Сбор протеина с единицы площади перспективных образцов клевера лугового в конкурсном сортоиспытании в среднем за 2019, 2021 гг.

Образцы	Сбор сухого вещества, т/га	+ / – к стандарту, т/га	Содержание сырого протеина в сухом веществе, г	Сбор протеина, кг/га	+ / – к стандарту, кг/га
Ст. Нива	8,55	–	128,35	1097	–
СД-326	9,05	+ 0,50	135,63	1227	+ 130
К-17421	9,43	+ 0,88	138,66	1308	+ 211
К-46524	8,54	–0,01	135,41	1156	+ 59
К-44964	8,30	–0,25	136,38	1132	+ 35
К-1939	8,57	+ 0,02	131,29	1125	+ 28
HCP ₀₅ NSR ₀₅	0,42		3,76	58,97	

Table 3

Protein yield of promising accessions of red clover in competitive variety testing (average for 2019, 2021)

Varieties	Dry matter yield, t/ha	+ / – to the standard, t/ha	Crude protein content in dry matter, g	Crude protein yield, kg/ha	+ / – to standard, kg/ha
Niva (Stanrard)	8.55	–	128.35	1097	–
SD-326	9.05	+ 0.50	135.63	1227	+ 130
K-17421	9.43	+ 0.88	138.66	1308	+ 211
K-46524	8.54	–0.01	135.41	1156	+ 59
K-44964	8.30	–0.25	136.38	1132	+ 35
K-1939	8.57	+ 0.02	131.29	1125	+ 28
LSD ₀₅	0.42		3.76	58.97	

Таким образом, результаты двухгодичных исследований позволили выделить источники по содержанию изучаемых питательных веществ в растительных образцах клевера и определить перспективные образцы, сочетающие в себе высокие кормовые достоинства и продуктивность. Сортообразцы, представляющие интерес

для селекционной работы с клевером луговым, будут включены в дальнейшую селекционную проработку с целью создания конкурентно способных сортов по питательной ценности и кормовой продуктивности.

Заключение

1. Питательная ценность клевера лугового зависит как от биологических особенностей сорта, так и от погодных условий, причем погодные условия оказывают большее влияние на качественные показатели образцов, чем сортовые различия.

2. Накопление сырого протеина, жира, клетчатки, сахара, зольных элементов (в т. ч. кальция) в засушливых условиях значительно выше, чем во влажных, а содержание фосфора выше во влажных условиях.

3. По комплексному содержанию питательных веществ выделены следующие сортообразцы СД-326, К-17421, К-46524, К-44964, К-1939, достоверно превышающие стандарт или показывающие результат на уровне стандарта.

4. По результатам изучения в питомнике конкурсного сортоиспытания выделены перспективные образцы СД-326, К-17421, К-46524 с комплексом хозяйственно ценных признаков, сочетающие в себе высокие питательную ценность и кормовую продуктивность.

Библиографический список

1. Косолапов В.М., Шамсутдинов З.Ш., Ившин Г.И. Основные виды и сорта кормовых культур: итоги научной деятельности Центрального селекционного центра // Кормопроизводство. 2016. № 11. С. 29—34.
2. Каракчиева Е.Ф. Перспективные бобово-злаковые травосмеси для полевого кормопроизводства на севере // Кормопроизводство. 2015. № 9. С. 3—6.
3. Капустин Н.И. Проблемы и перспективы биологизации земледелия в условиях СЗ зоны // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. научн. трудов науч. конф. сотрудников и аспирантов СПбГАУ. СПб., 2011. С. 32—35.
4. Новоселов Ю.К., Шпаков А.С., Новоселов М.Ю., Рудоман В.В. Роль бобовых культур в совершенствовании полевого травосеяния // Кормопроизводство. 2010. № 7. С. 19—22.
5. Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового: результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер». М.: Эльф ИПР, 2012. 287 с.
6. Сапега В.А. Продуктивность и параметры адаптивности сортов проса при их выращивании на зеленую массу и семена // Кормопроизводство. 2014. № 12. С. 27—30.
7. Константинова О.Б., Кондратенко Е.П. Оценка урожайности и стабильности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 3. С. 7—9.
8. Поляков П.В. Особенности природно-климатических зон и их влияние на экономическую оценку рационального природопользования // Экономика и экология территориальных образований. 2017. № 2(1). С. 80—85.
9. Прудников А.Д., Рекашус Э.С. Сравнительная оценка продуктивности новых сортов клевера лугового в агроэкологических условиях Смоленской области // Вестник Орловского ГАУ. 2011. № 4 (31). С. 12—14.
10. Фигурин В.А., Сунцова Н.П., Чеглакова О.А. Питательная ценность и продуктивность раннеспелых сортов клевера лугового при разных режимах использования // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 3(46). С. 38—42.
11. Кашеваров Н.И., Сапрыкин В.С., Данилов В.П. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка // Кормопроизводство. 2013. № 1. С. 3—7.
12. Ганущенко О. Клетчатка в рационах жвачных // Животноводство России. 2019. № 10. С. 37—42. doi: 10.25701/ZZR.2019.72.82.010

13. Дудукина А.Л., Наконечный А.А., Шалагинова Л.Н. Пути повышения качества заготавливаемых кормов в Архангельской области // *Кормопроизводство*. 2017. № 12. С. 28—30.
14. Справочник химического состава и питательности кормов: справочник / сост. Е.А. Тяпугин и др. Вологда-Молочное: Вологодская ГМХА, 2016. 35 с.
15. Сизова Ю.В. Функционально-метаболическое значение углеводов в кормлении коров // *Вестник НГИЭИ*. 2013. № 4 (23). С. 115—121.

References

1. Kosolapov VM, Shamsutdinov ZS, Piskovatskii YM, Novoselov MY, Tyurin YS. The basic species and varieties of fodder crops: results of scientific activity of the central breeding center. *Fodder journal*. 2016; (11):29—34. (In Russ.).
2. Karakchieva EF. Promising legume-cereal mixtures for arable forage production in the north. *Fodder journal*. 2015; (9):3—6. (In Russ.).
3. Kapustin NI. Problems and prospects of biologization of agriculture in north-west regions. In: *Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the conditions of reformation*. Saint Petersburg: SPbGAU publ.; 2011. p.32—35. (In Russ.).
4. Novoselov YK, Shpakov AS, Novoselov MY, Rudoman VV. Role of legumes in perfection of field grass cultivation in Russia. *Fodder journal*. 2010; (7):19—22.
5. Kosolapov VM, Shamsutdinov ZSh, Matveeva OS, Georgiadi NI, eds. *Ekologicheskaya selektsiya i semenovodstvo klevera lugovogo* [Ecological selection and seed production of meadow clover]. Moscow: Elf IPR publ.; 2012. (In Russ.).
6. Sapega VA. Productivity and adaptability parameters of millet varieties cultivated for green forage and seeds. *Fodder journal*. 2014; (12):27—30. (In Russ.).
7. Konstantinova OB, Kondratenko EP. Assessment of productivity and stability of new varieties of winter rye under condition of forest-steppe zone of Kemerovo region. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2015; 29(3):7—9. (In Russ.).
8. Polyakov PV. Fundamentals of natural climatic zones and their impact on the economic assessment of rational nature use. *Economy and ecology of territorial formations*. 2017; (2):80—85. (In Russ.).
9. Prudnikov AD, Rekasus ES. Comparative assessment of productivity of new varieties of clover in agroecological conditions of the Smolensk region. *Bulletin of agrarian science*. 2011; (4):12—14. (In Russ.).
10. Figurin VA, Suntsova NP, Cheglakova OA. Nutritional value and productivity of early varieties of a meadow clover at different regimes of use. *Agricultural science of Euro-North-East*. 2015; (3):38—42. (In Russ.).
11. Kashevarov NI, Saprykin VS, Danilov VP. Multicomponent mixtures for haylage in addressing the shortage of fodder plant protein. *Fodder journal*. 2013; (1):3—7. (In Russ.).
12. Ganushchenko O. Fibre in ruminant diets. *Animal Husbandry of Russia*. 2019; (10):37—42. (In Russ.). doi: 10.25701/ZZR.2019.72.82.010
13. Dydykina AL, Nakonechnyy AA, Shalaginova LN. Improving feed quality in the Arkhangelsk region. *Fodder journal*. 2017; (12):28—30. (In Russ.).
14. Тяпугин ЕА, Симонов ГА, Богатырев ЕВ, Фоменко ПА, Корельская ЛА, Тищенко АГ, et al. *Spravochnik khimicheskogo sostava i pitatel'nosti kormov* [Handbook of chemical composition and nutrition of feed]. Vologda—Molochnoye: Vologda GMHA publ.; 2016. (In Russ.).
15. Sizova YV. Functionally metabolic value of carbohydrates in cow feeding. *Bulletin NGIEI*. 2013; (4):115—121. (In Russ.).

Об авторах:

Корелина Валентина Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский район, п. Луговой, д. 10; e-mail: korelina60@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6052-7574

Батакова Ольга Борисовна — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского

отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский район, п. Луговой, д. 10; e-mail: obb05@bk.ru
ORCID: 0000-0002-9883-6054

Зобнина Ирина Валентиновна — научный сотрудник лаборатории растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский район, п. Луговой, д. 10; e-mail: 4856490@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8585-0036

About the authors

Korelina Valentina Alexandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Crop production, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Lugovoy vill., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: korelina60@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6052-7574

Batakova Olga Borisovna — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Crop production, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Lugovoy vill., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: obb05@bk.ru
ORCID: 0000-0002-9883-6054

Zobnina Irina Valentinovna — Research Associate, Laboratory of Crop production, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Lugovoy vill., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: 4856490@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8585-0036



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314
УДК 633.111:661.152.3:631.445.2(438)

Научная статья / Research article

Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше

Р. Блашик¹, В.В. Носов², А.Ф. Пэлий²  

¹PhosAgro Polska Sp. z o.o., г. Варшава, Польша

²АО «Апатит», г. Москва, Российская Федерация

 APeliy@phosagro.ru

Аннотация. В полевых опытах, проведенных на супесчаной подзолистой почве в Лодзинском воеводстве (коммуна Велюнь, волость Масловице) на Опытной станции Польского научно-исследовательского сортоиспытательного центра, изучено влияние различных систем подкормок озимой пшеницы при интенсивной системе выращивания на урожайность и качественные показатели зерна. Почва до закладки опытов характеризовалась нейтральной реакцией почвенной среды, очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней обеспеченностью подвижным калием в 2017 и 2019 гг. и высокой обеспеченностью в 2018 г. Исходная обеспеченность почвы нитратным азотом была средней в 2017 г. и высокой в 2018 и 2019 гг. Подзолистые почвы региона, легкого гранулометрического состава, часто имеют низкую обеспеченность серой, доступной для растений. При низком содержании гумуса в таких почвах невелик резерв серы в органической форме, в связи с чем в интенсивную технологию возделывания озимой пшеницы были включены варианты с серосодержащими марками удобрений. Погодные условия вегетационных периодов 2017—2018, 2018—2019 и 2019—2020 гг. отличались недостаточным количеством выпавших атмосферных осадков в критические для формирования урожая зерна фазы развития. Урожайность зерна озимой пшеницы во все годы исследований была максимальной в варианте 3 с применением в подкормку аммиачной селитры и комплексного серосодержащего удобрения Araviva NPK(S) 15:15:15(10). Прибавка относительно заложенного с осени фосфорно-калийного фона (двойной суперфосфат и калий хлористый) составила 25, 34 и 30 % в 2018, 2019 и 2020 г. соответственно. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы в опыте 6,93 т/га была получена в варианте 3 в 2019 г. Такая система подкормок озимой пшеницы обеспечивала стабильное получение высокого дополнительного дохода.

© Блашик Р., Носов В.В., Пэлий А.Ф., 2022



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

Ключевые слова: озимая пшеница, серосодержащие удобрения, урожайность зерна, минеральное питание

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

История статьи: поступила в редакцию 27 октября 2021 г., принята к публикации 20 апреля 2022 г.

Для цитирования: Блашик Р., Носов В.В., Пэлий А.Ф. Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 299—314. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314

Efficiency of early spring feeding of winter wheat complex fertilizers on light podzolic soil in Poland

Roman M. Blashik¹, Vladimir V. Nosov², Alexandr F. Peliy²  

¹PhosAgro Polska Sp. z o.o., Warsaw, Poland

²Apatit company, Moscow, Russian Federation

 APeliy@phosagro.ru

Annotation. Field experiments were carried out on sandy loamy podzolic soil in the Łódź Voivodship (Wieluń commune, Masłowice parish) at the Experimental Station of the Polish Research Variety Testing Center, to study the effect of various winter wheat feeding systems with an intensive cultivation system on yield and grain quality indicators. The soil before conducting the experiments was characterized by a neutral reaction of the soil environment, a very high level of mobile phosphorus, and an average content of mobile potassium in 2017 and 2019, and high availability in 2018. The initial level of nitrate nitrogen in the soil was medium in 2017 and high in 2018 and 2019. The podzolic soils of the region, with a light granulometric composition, often have a low supply of sulfur available to plants. With a low content of humus in such soils, there is a small reserve of sulfur in organic form, and therefore, variants with sulfur-containing fertilizers were included in the intensive technology of winter wheat cultivation. Weather conditions of the growing seasons 2017—2018, 2018—2019 and 2019—2020 differed by an insufficient amount of atmospheric precipitation during the growth stages critical for grain formation. The yield of winter wheat grain in all years of research was maximum in variant 3 with the use of ammonium nitrate and complex sulfur-containing fertilizer Apaviva NPK(S) 15:15:15(10) as top dressing. The yield increase resulted from the autumn phosphorus-potassium application (double superphosphate and potassium chloride) was 25, 34 and 30 % in 2018, 2019 and 2020, respectively. The maximum grain yield of winter wheat in the experiment of 6.93 t/ha was obtained in variant 3 in 2019. Such a system of winter wheat top dressing provided a stable high additional income.

Keywords: winter wheat, sulfur-containing fertilizers, grain yield, mineral nutrition

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

Article history: Received 27 October 2021. Accepted 20 April 2022.

For citation: Blashik RM, Nosov VV, Peliy AF. Comprehensive assessment of *Krascheninnikovia ceratoides* L. development and its productive potential in reclaimed pastures of arid zone. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):299—314. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314

Введение

Возделывание современных, высокопродуктивных сортов озимых культур требует новых подходов к минеральному питанию растений, учитывающих ряд факторов. «При выращивании зерновых озимых культур схема минерального питания растений должна включать несколько приемов внесения удобрений, а именно: основное и припосевное с использованием комплексных марок удобрений и подкормки азотными удобрениями с учетом планируемой урожайности и почвенно-климатических условий в зоне возделывания. Такой подход обеспечивает получение как высокой урожайности, так и высокого качества зерна без рисков полегания культур», считают В.А. Бурлуцкий [1], А.Ф. Пэлий [2].

По мнению ряда авторов А.Я. Айдиева [3], Н.И. Цимбалист [4], В.Д. Соловченко [5] и R. Shi, Y. Zhang [6] «урожайность возделываемых культур формируется за счет эффективного плодородия почвы, которое характеризуется наличием в почве усвояемых растениями форм питательных веществ и влаги»^{1, 2, 3, 4}. Озимая пшеница — культура, предъявляющая повышенные требования к почвенному плодородию и обладающая большой отзывчивостью на внесение удобрений, считают П.Ф. Политько [7], В.И. Лазарев [8], А.А. Ореховская [9].

По мнению ряда авторов А.Г. Ступакова [10], Н.В. Долгополова [11] и В.Д. Соловченко [12] «из агротехнических приемов, определяющих урожайность и качество продукции, оптимизация минерального питания с учетом предшественников, гранулометрического состава почвы, является важнейшим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур».

Посевы озимой пшеницы занимают самую большую площадь среди других культур во всем мире, это одна из ведущих продовольственных культур [13—15]. На легких почвах риск вымывания элементов питания возрастает, поэтому целесообразным приемом применения удобрений для получения стабильно-высоких урожаев является дробное их внесение.

Цель исследования — изучить эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше.

Материалы и методы исследования

Почва опытных участков, расположенных на Опытной станции Польского научно-исследовательского сортоиспытательного центра (Лодзинское воеводство, коммуна Велюнь, волость Масловице), — супесчаная подзолистая легкого гранулометрического состава. Почва характеризовалась нейтральной реакцией

¹ Мельникова О.В. Агроэкологическое обоснование биологизации растениеводства на юго-западе Центрального региона России: автореф. дис. ... д-ра с. — х. наук. Брянск: Брянская ГСХА, 2009. 46 с.

² Минеев В.Г. Агрехимия. М.: Изд-во МГУ, 2004. 753 с.

³ Растениеводство: учебник / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; под ред. Г.С. Посыпанова. М.: ИНФРА-М, 2018. 612 с.

⁴ Ступаков А.Г. Агрехимическое обоснование системы удобрения зерно-свекловичного севооборота на черноземе выщелоченном (в условиях западной части ЦЧЗ): автореф. дисс. ... д-ра с. — х. наук. М.: Агроэкоинформ, 1998. 36 с.

почвенной среды, очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором, средней обеспеченностью подвижным калием в 2017 и 2019 гг. и высокой обеспеченностью подвижным калием в 2018 г. (табл. 1). Исходная обеспеченность почвы нитратным азотом (слой 0—60 см) была средней в 2017 г. и высокой — в 2018 и 2019 гг. Предшественники в 1, 2 и 3-й сезоны различались: озимый рапс, горох и соя соответственно.

Таблица 1

Предшественники, сорта озимой пшеницы, сроки посева и исходная агрохимическая характеристика супесчаной подзолистой почвы (0–20 см)

Год проведения опыта	Предшественник	Сорт озимой пшеницы	pH _{KCl}	N-NO ₃ [*]	Подвижные формы**	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг/кг почвы	
2017/2018	Озимый рапс	Аркадия	6,4	12	188	178
2018/2019	Горох	Артист	6,2	65	231	202
2019/2020	Соя	Аркадия	6,0	73	320	169

* В слое 0–60 см.

**По методу Эгнера – Рима (ДЛ-метод) в вытяжке 0,02 М лактата Са и 0,02 М HCl.

Table 1

Forecrops, varieties of winter wheat, sowing dates and initial agrochemical characteristics of sandy loamy podzolic soil (0–20 cm)

Research year	Forecrop	Winter wheat variety	pH _{KCl}	N-NO ₃ [*]	Mobile forms **	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
					mg/kg soil	
2017/2018	Winter rapeseed	Arkadiya	6.4	12	188	178
2018/2019	Pea	Artist	6.2	65	231	202
2019/2020	Soybean	Arkadiya	6.0	73	320	169

* In the layer 0–60 cm.

**According to the Egner-Riem method (DL-method) in the extract of 0.02 M Ca lactate and 0.02 M HCl.

Сезон 2017—2018 гг. в центральной части Польши характеризовался более высоким температурным режимом и обильными атмосферными осадками в осенне-весенний период, однако летом осадков было меньше относительно среднеголетних показателей (рис. 1, 2). Метеонаблюдения в регионе проводятся с 1951 г.

В целом вегетационный период в 2018—2019 гг. характеризовался засушливыми условиями — количество выпавших атмосферных осадков было ниже климатической нормы, а среднемесячная температура воздуха превышала норму. Так, в июне 2019 г. выпало в 1,5 раза меньше осадков, а среднемесячная температура воздуха была на 4,5 °C выше по сравнению со среднеголетними значениями. Ранний посев озимой пшеницы (20.09.2018) уберег растения от осенней засухи в фазу прорастания семян.

Сезон 2019—2020 гг. характеризовался недостаточным атмосферным увлажнением. Количество атмосферных осадков было существенно ниже среднеголетних значений. Озимая пшеница была посеяна в ранние сроки, что позволило минимизировать негативное влияние засухи в начальный период роста и развития растений. Зима была засушливее и теплее, а весна—засушливее и холоднее по сравнению с климатической нормой. Это было серьезным лимитирующим фактором в формировании урожая озимой пшеницы.

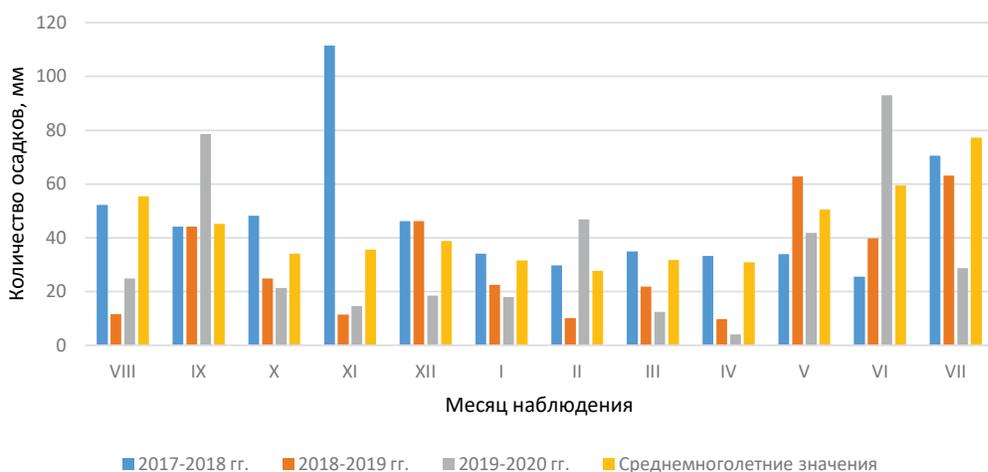


Рис. 1. Ежемесячная сумма осадков за 2017–2020 гг.

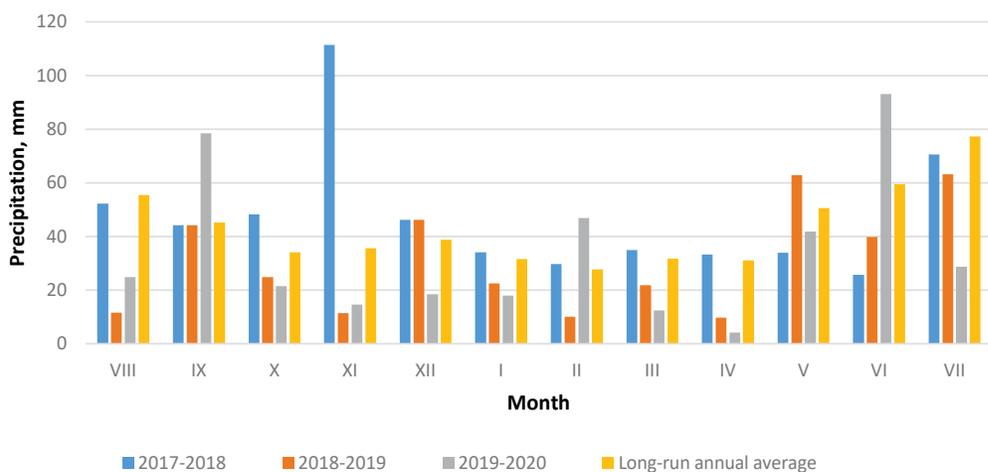


Fig. 1. Monthly precipitation for 2017–2020

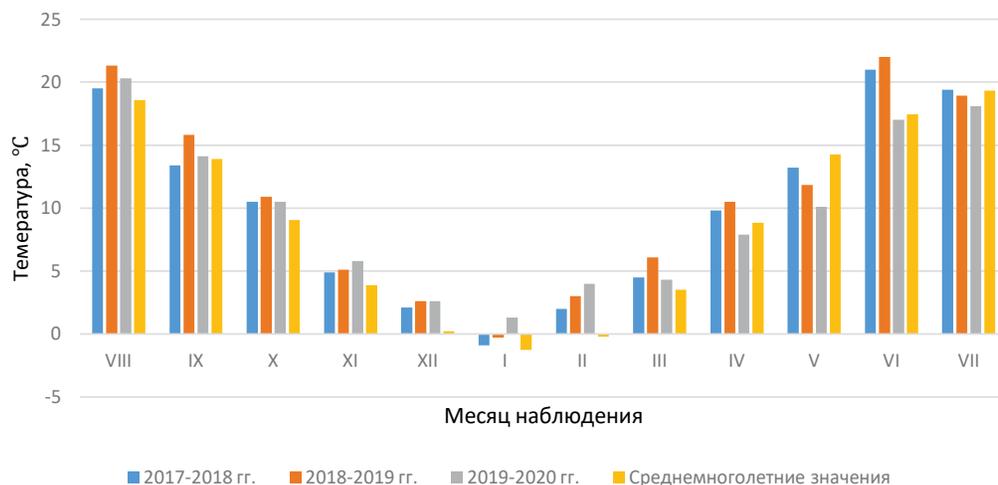


Рис. 2. Среднемесячная температура, °C, воздуха за 2017–2020 гг.

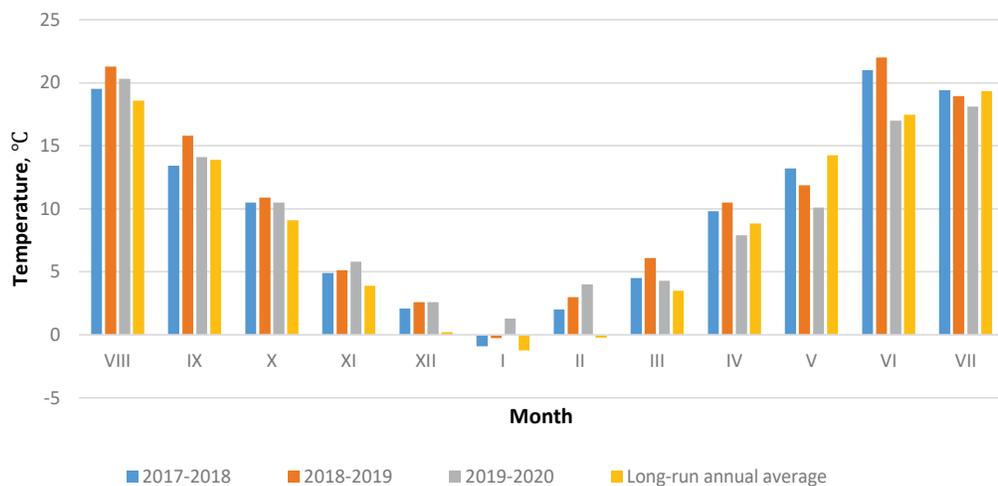


Fig. 2. Average monthly air temperature, °C, for 2017–2020

В целом вегетационный период в 2018—2019 гг. характеризовался засушливыми условиями — количество выпавших атмосферных осадков было ниже климатической нормы, а среднемесячная температура воздуха превышала норму. Так, в июне 2019 г. выпало в 1,5 раза меньше осадков, а среднемесячная температура воздуха была на 4,5 °C выше по сравнению со среднеголетними значениями. Ранний посев озимой пшеницы (20.09.2018) уберег растения от осенней засухи в фазу прорастания семян.

Сезон 2019—2020 гг. характеризовался недостаточным атмосферным увлажнением. Количество атмосферных осадков было существенно ниже среднегодовых значений. Озимая пшеница была посеяна в ранние сроки, что позволило минимизировать негативное влияние засухи в начальный период роста и развития растений. Зима была засушливее и теплее, а весна—засушливее и холоднее по сравнению с климатической нормой. Это было серьезным лимитирующим фактором в формировании урожая озимой пшеницы.

Во всех вариантах опыта отдельно перед посевом вносили двойной суперфосфат (40 % P_2O_5) и калий хлористый (табл. 2). Вариант 1, где было только допосевное внесение фосфорно-калийных удобрений, служил контролем. В варианте 2 были добавлены две подкормки аммиачной селитрой—в середине февраля и примерно в середине марта.

Таблица 2

Схема внесения удобрений в полевом опыте на озимой пшенице

№	Вариант опыта	Удобрение	Физ. вес, кг/га	Способ и срок внесения
1	$P_{40}K_{100}$ (контроль)	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
2	$N_{150}P_{40}K_{100}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Аммиачная селитра	220	Ранневесенняя подкормка
			220	2-я подкормка
3	$N_{150}P_{85}K_{145}S_{30}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Аммиачная селитра	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			210	2-я подкормка
4	$N_{150}P_{40}K_{100}S_{39}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Аммиачная селитра	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			110	2-я подкормка
5	$N_{150}P_{88}K_{148}$	Двойной суперфосфат	100	Вразброс до посева
		Калий хлористый	170	
		Аммиачная селитра	300	Ранневесенняя подкормка
			100	
			210	2-я подкормка

Table 2

Fertilizer application in winter wheat field experiment

№	Variant	Fertilizer	Weight, kg/ha	Application method and time
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (control)	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		Ammonium nitrate	220	Early spring top dressing
			220	2nd dressing
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		NPK(S) 15:15:15(10)	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			210	2nd dressing
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		Ammonium sulphonitrate	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			110	2nd dressing
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	Double superphosphate	100	Scattered before sowing
		Potassium chloride	170	
		NPK 16:16:16	300	Early spring top dressing
		Ammonium nitrate	100	
			210	2nd dressing

В вариантах 3—5 дополнительно к двум подкормкам аммиачной селитрой проводили подкормку комплексными удобрениями. В варианте 3 растения подкармливали комплексным серосодержащим удобрением Araviva NPK(S) 15:15:15(10), которое выпускает Группа «ФосАгро», в варианте 4 — сульфонитратом аммония (26 % N и 13 % S) от другого производителя, а в варианте 5 — маркой NPK 16:16:16, не содержащей серу, также от другого производителя. Подкормку комплексными удобрениями выполняли в середине февраля отдельно с аммиачной селитрой. В вариантах 2—5 были выравнены дозы азота (150 кг/га).

Опыт проведен в трехкратной повторности, расположение вариантов — *рандомизированное*. Общая площадь делянки — 21 м². Осуществляли поделяночный комбайновый учет урожайности зерна озимой пшеницы.

Результаты исследования и обсуждение

Перед уборкой измерили высоту растений, а также определили массу 1000 зерен (табл. 3). Максимальные значения массы 1000 зерен у сорта Аркадия получены в варианте 3, где проводили ранневесеннюю подкормку комплексным удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10). У сорта Артист (2019 г.) наблюдали статистически достоверное повышение массы 1000 зерен при проведении подкормок азотом и серой в варианте 4 в сравнении с подкормками одной аммиачной селитрой в варианте 2.

Таблица 3

Высота растений и масса 1000 зерен озимой пшеницы в 2018–2020 гг.

№	Вариант опыта	2018 (сорт Аркадия)		2019 (сорт Артист)		2020 (сорт Аркадия)	
		Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (контроль)	96	39,6	84,0	37,2	79	57,4
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	97	38,4	86,0	38,5	84	56,0
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	94	42,8	87,0	41,2	86	57,8
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	94	39,6	86,0	42,7	83	54,1
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	100	38,6	87,0	41,5	83	54,1
	HCP ₀₅	4,3	3,12	2,2	3,91	4,8	2,6

Table 3

Plant height and 1000 grain weight of winter wheat in 2018–2020

№	Variant	2018 (cv. Arkadiya)		2019 (cv. Artist)		2020 (cv. Arkadiya)	
		Plant height, cm	1000 grain weight, g	Plant height, cm	1000 grain weight, g	Plant height, cm	1000 grain weight, g
1	P ₄₀ K ₁₀₀ (control)	96	39.6	84.0	37.2	79	57.4
2	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀	97	38.4	86.0	38.5	84	56.0
3	N ₁₅₀ P ₈₅ K ₁₄₅ S ₃₀	94	42.8	87.0	41.2	86	57.8
4	N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ S ₃₉	94	39.6	86.0	42.7	83	54.1
5	N ₁₅₀ P ₈₈ K ₁₄₈	100	38.6	87.0	41.5	83	54.1
	LSD ₀₅	4.3	3.12	2.2	3.91	4.8	2.6

При сравнении урожайности, полученной в вариантах 1 и 2, статистически достоверных различий не обнаружено (рис. 3). Следовательно, в засушливых условиях, которые складывались за 3 сезона в 2017–2020 гг., подкормки одной аммиачной селитрой не оказывали влияния на продуктивность культуры. Сказалась, безусловно, высокая обеспеченность почвы нитратным азотом, в т. ч. после бобовых предшественников — гороха в 2019 г. и сои в 2020 г.

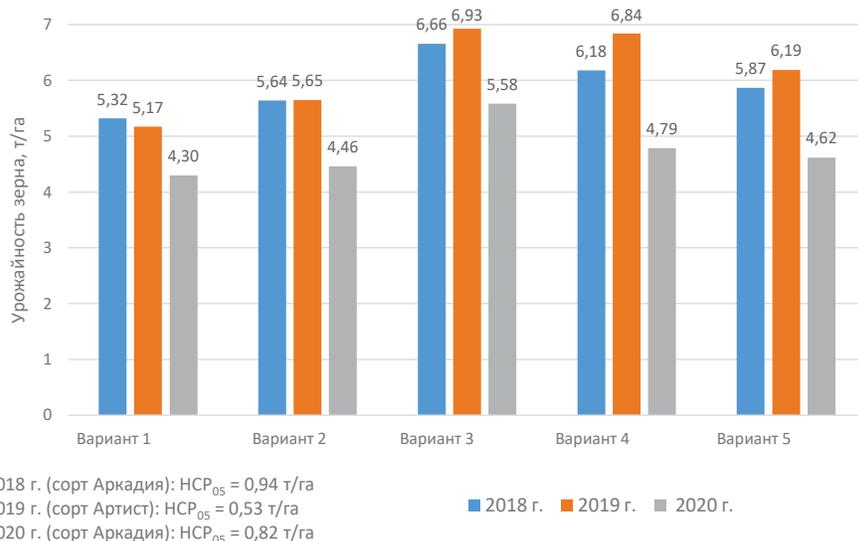


Рис. 3. Урожайность зерна озимой пшеницы (стандартная влажность — 12 %)

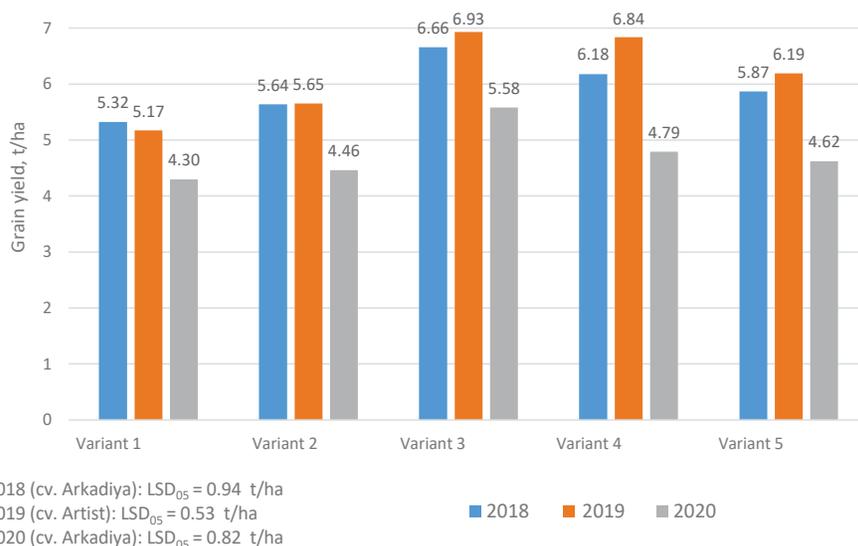


Fig. 3. Grain yield of winter wheat (standard moisture — 12 %)

В 2018 г. достоверный прирост урожайности относительно фосфорно-калийного контроля (двойной суперфосфат и калий хлористый с осени) наблюдался только в варианте 3, где в дополнение к подкормкам аммиачной селитрой проводили подкормку комплексным серосодержащим удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10).

В 2019 г. в вариантах 3—5 с дополнительными подкормками комплексными удобрениями наблюдалось достоверное увеличение урожайности зерна относительно как контрольного варианта 1 с допосевным внесением в почву только фосфора

и калия, так и варианта 2, где допосевное внесение фосфора и калия сочеталось с двумя азотными подкормками. Прибавка урожайности зерна, полученная за счет проведения подкормок комплексными удобрениями — NPK(S) 15:15:15(10), сульфитратом аммония и NPK 16:16:16, составила 10...23 %. Системы минерального питания, использованные в вариантах 3—5, были при этом одинаково эффективны в повышении урожайности зерна. Максимальная урожайность зерна (6,93 т/га) была получена в варианте 3 с внесением в кг д.в./га $N_{150}P_{85}K_{145}S_{30}$. В данном варианте опыта применение двойного суперфосфата и калия хлористого до посева комбинировалось с двумя подкормками аммиачной селитрой и одной подкормкой комплексным серосодержащим удобрением NPK(S) 15:15:15(10).

В 2020 г. только схема подкормки в варианте 3 с включением 4 элементов питания — азота, фосфора, калия и серы — обеспечила достоверный прирост урожайности относительно варианта 1, где подкормки не проводили.

Таким образом, ранневесенняя подкормка комплексным удобрением Аравива NPK(S) 15:15:15(10) в дополнение к азотным подкормкам на фоне применения фосфорно-калийных удобрений с осени — лучшее решение при выращивании озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Центральной Польши.

Что касается содержания белка в зерне, то не было выявлено четких закономерностей при сопоставлении изученных систем питания. Так, в 2018 г. достоверное повышение содержания белка в зерне относительно фосфорного-калийного контроля получено в вариантах 2, 3 и 5 (рис. 4). Максимальное накопление белка в зерне (13,95 %) наблюдалось в варианте 2, где на фоне внесения фосфора и калия с осени были проведены две азотные подкормки весной.

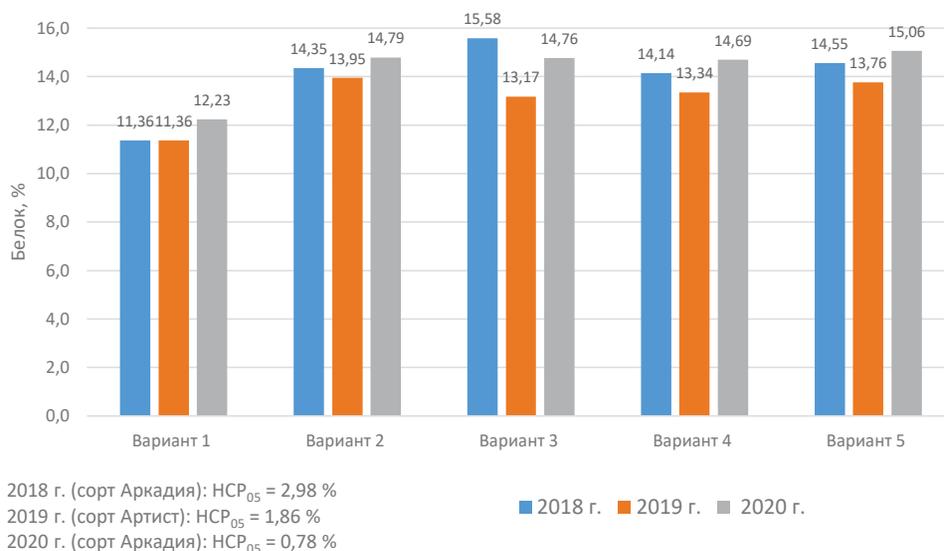


Рис. 4. Содержание белка в зерне озимой пшеницы

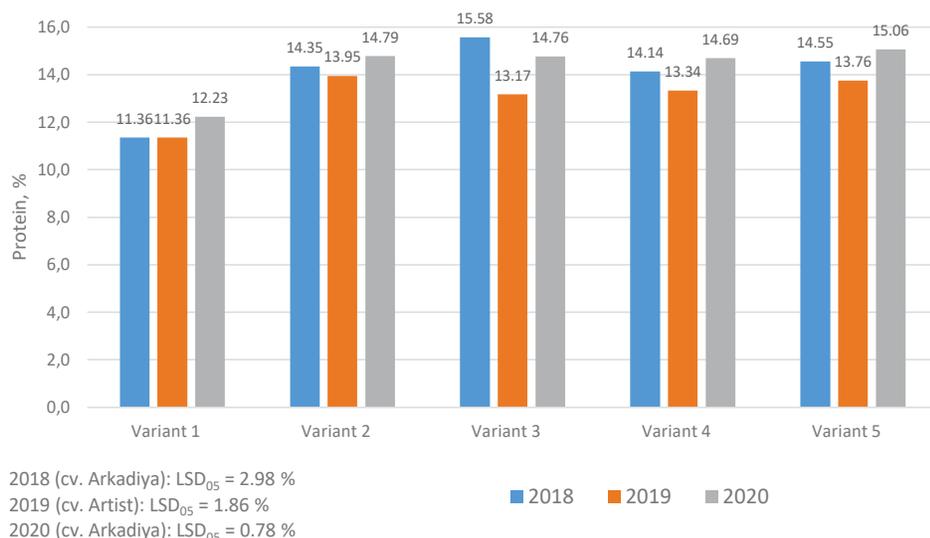


Fig. 4. Protein content in winter wheat grain

В 2019 и 2020 гг. содержание белка в зерне достоверно повысилось в вариантах 2, 4 и 5 относительно варианта 1, где использовали только фосфорно-калийные удобрения. Максимальное накопление белка в зерне в 2019 г. (13,95 %) наблюдалось в варианте 3, а в 2020 г. (15,06 %) — в варианте 5.

Стоимость весенних подзормок минеральными удобрениями, проведенных в вариантах 2—5, составила 422...791 польских злотых/га (97...174 евро/га), включая затраты на разбрасывание удобрений (табл. 4). В 2018 и 2020 гг., согласно проведенным экономическим расчетам, максимальный дополнительный доход относительно фосфорно-калийного фона с осени давала система подзормок, которую применяли в варианте 3, — 1338 и 538 польских злотых/га соответственно (308 и 118 евро/га). Затраты на уборку и доработку прибавки урожая при этом не учитывали.

Таблица 4

Экономическая эффективность использования разных систем применения удобрений под озимую пшеницу в 2018–2020 гг.

№	Затраты на приобретение удобрений весной и внесение, польских злотых/га			Урожайность зерна (стандартная влажность), т/га			Стоимость зерна*, польских злотых/га	Стоимость урожая, польских злотых/га			Экономический результат относительно контроля, польских злотых/га		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020		2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019
1	–	–	–	5,32	5,17	4,30	750	3990	3878	3225	–	–	–
2	422	422	484	5,64	5,65	4,46	800	4512	4520	3568	522	221	–141
3	642	642	701	6,66	6,93	5,58	800	5328	5544	4464	1338	1025	538

№	Затраты на приобретение удобрений весной и внесение, польских злотых/га			Урожайность зерна (стандартная влажность), т/га			Стоимость зерна*, польских злотых/га	Стоимость урожая, польских злотых/га			Экономический результат относительно контроля, польских злотых/га		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
4	478	478	531	6,18	6,84	4,79	800	4944	5472	3832	954	1117	76
5	732	732	791	5,87	6,19	4,62	800	4696	4952	3696	706	343	–320

Примечания: * стоимость зерна пшеницы (стандартная влажность): 750 польских злотых/т при содержании белка в зерне менее 13 %; 800 польских злотых/т – более 13 %; 2018 г.: 1,0 польский злотый = 0,23 евро; 2019–2020 гг.: 1,0 польский злотый = 0,22 евро.

Table 4

Economic efficiency of using different fertilizer application systems for winter wheat in 2018–2020

№	Spring fertilizer purchase and application costs, PLN/ha			Grain yield (standard moisture content), t/ha			Grain cost*, PLN/ha	Crop value, PLN/ha			Economic result relative to control, PLN/ha		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018–2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
1	–	–	–	5.32	5.17	4.30	750	3990	3878	3225	–	–	–
2	422	422	484	5.64	5.65	4.46	800	4512	4520	3568	522	221	–141
3	642	642	701	6.66	6.93	5.58	800	5328	5544	4464	1338	1025	538
4	478	478	531	6.18	6.84	4.79	800	4944	5472	3832	954	1117	76
5	732	732	791	5.87	6.19	4.62	800	4696	4952	3696	706	343	–320

Notes: * 1) cost of wheat grain (standard moisture content): PLN 750/t – for the grain with a protein content < 13 %; PLN 800/t – more than 13 %; 2) 2018: PLN 1.0 = EUR 0.23; 2019–2020: PLN 1.0 = EUR 0.22.

В 2019 г. экономически выигрышной была система подкормок, которую применяли в варианте 4 (1117 польских злотых/га, или 246 евро/га). В то же время в варианте 3 дополнительный доход был немногим ниже (1025 польских злотых/га, или 226 евро/га).

Таким образом, вариант 3 с комбинированием в подкормках четырех элементов питания: азота, фосфора, калия и серы — обеспечивал стабильное получение дополнительного дохода во все годы исследований.

Выводы

В полевых опытах, проведенных в центральной части Польши в период 2018–2020 гг., стабильный достоверный прирост урожайности зерна озимой пшеницы относительно варианта с осенним внесением фосфорно-калийных удобрений ($P_{40}K_{100}$), наблюдался только при сочетании подкормок аммиачной сели-

трой ($N_{34} + N_{70}$) с ранневесенней подкормкой комплексным удобрением Аравива НРК(S) 15:15:15(10), которое содержит четыре элемента питания ($N_{45}P_{45}K_{45}S_{30}$).

Вышеуказанная технология подкормок озимой пшеницы обеспечивала стабильное получение хорошего дополнительного дохода во все годы исследований (от 118 до 308 евро/га).

Библиографический список

1. Бурлуцкий В.А., Пэлий А.Ф. Влияние агроклиматических условий на продуктивность озимой пшеницы в условиях Мещовского Ополья // Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона: сб. науч. трудов по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием, Калуга, 19 апреля 2019 г. / под ред. В.Н. Мазурова. Калуга: Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2019. С. 242—245.
2. Пэлий А.Ф., Носов В.В., Шатохин А.Ю., Гранкина А.О., Демидов Д.В., Стеркин М.В. Применение нового кремнийсодержащего агрохимиката ФосАгро на озимой пшенице в Нечерноземной зоне РФ // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6(384). С. 42—45. doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-42-45
3. Айдиев А.Я., Лазарев В.И., Котельникова М.Н. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области // Земледелие. 2017. № 1. С. 37—39.
4. Цимбалист Н.И., Алиев А.М., Сычев В.Г. Структура затрат при использовании удобрений и химических средств защиты растений в технологиях возделывания озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 4. С. 27—32. doi: 10.26105/AE.2018.4.94.006
5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Б.: Отчий дом, 2013. 372 с.
6. Shi R., Zhang Y., Chen X., Sun Q., Zhang F., Roemheld V., Zou C. Influence of longterm nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // J. Cereal Sci. 2010. № 51(1). Pp. 165—170. doi: 10.1016/j.jcs.2009.11.008 (In Chinese)
7. Политько П.М., Матюта С.В., Беленикин С.В., Капранов В.Н., Киселев Е.Ф., Проценко А.Л., Парыгина М.Н. Эффективность технологий возделывания сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» на серых лесных почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 15—21.
8. Лазарев В.И., Маслова З.С., Шершинева О.М. Агробиологическое и экономическое обоснование использования комплексных удобрений с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы // Московский экономический журнал. 2017. № 3. Режим доступа: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-15/>
9. Ореховская А.А., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Азотный режим чернозема типичного при длительном применении удобрений и урожайность озимой пшеницы // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 93—101.
10. Ступаков А.Г., Смуров С.И., Аль ДХ.Х.Х., Зюба С.Н., Куликова М.А., Ширяева Н.В. Продуктивность озимой пшеницы под влиянием минеральных удобрений и предшественников // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 1(25). С. 184—192.
11. Долгополова Н.В. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от способов подкормки и сроков внесения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 23—26.
12. Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П., Навольнева Е.В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на урожайность и экономические показатели производства пшеницы озимой // Аграрная наука. 2018. № 5. С. 46—49.
13. Cramer M.D., Lewis O.A. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants // Ann Bot. 1993. № 72(4). Pp. 359—365. doi: 10.1006/anbo.1993.1119

14. Curci P.L., Cigliano R.A., Zuluaga D.L., Janni M., Sanseverino W., Sonnante G. Transcriptomic response of durum wheat to nitrogen starvation // *Scientific Reports*. 2017. № 7. 1176. doi:10.1038/s41598-017-01377-0
15. Ma C., Liu Y.N., Liang L., Zhai B.N., Zhang H.Q., Wang Z.H. Effects of combined application of chemical fertilizer and organic manure on wheat yield and leaching of residual nitrate–N in dryland soil // *The Journal of Applied Ecology*. 2018. № 29(4). Pp. 1240—1248. (In Chinese). doi: 10.13287/j.1001-9332.201804.023

References

1. Burlutsky VA, Pely AF. Influence of agro-climatic conditions on the productivity of winter wheat in the conditions of Meshchovsky Opole. In: Mazurov VN. (ed.) *Innovative development of agricultural sectors in the region: conference proceedings*. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture; 2019. p.242—245. (In Russ.).
2. Pely AF, Nosov VV, Shatokhin AY, Grankina AO, Demidov DV, Sterkin MV. the use of a novel silicon-containing agrochemical PhosAgro to winter wheat in the Non-Chernozem zone of Russia. *International Agricultural Journal*. 2021; (6):42—45. (In Russ.). doi: 10.24412/2587-6740-2021-6-42-45
3. Aydiev AY, Lazarev VI, Kotelnikova MN. Improvement of cultivation technologies of winter wheat in Kursk region. *Zemledelie*. 2017; (1):37—39. (In Russ.).
4. Tsimbalist NI, Aliev AM, Sychev VG. The cost structure of the use of fertilizers and chemical plant protection products in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). cultivation technologies. *Agrochemistry and ecology problems*. 2018; (4):27—32. doi: 10.26105/AE.2018.4.94.006
5. Solovichenko VD, Tyutyunov SI. *Pochvennyi pokrov Belgorodskoi oblasti i ego ratsional'noe ispol'zovanie* [Soil cover of the Belgorod region and its rational use]. Belgorod: Otchii dom publ.; 2013. (In Russ.).
6. Shi R, Zhang Y, Chen X, Sun Q, Zhang F, Romheld V, et al. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Cereal Sci*. 2010; 51(1):165—170. (In Chinese). doi: 10.1016/j.jcs.2009.11.008
7. Polityko PM, Matjuta SV, Belenikin SV, Kapranov VN, Kiselev EF, Proshchenko AL, et al. Efficiency of cultivation technologies of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) originated by Moscow Research Institute of Agriculture «Nemchinovka» on gray forest soils. *Agrochemistry and ecology problems*. 2015; (2):15—21. (In Russ.).
8. Lazarev VI, Maslova ZS, Shershneva OM. Agrobiological and economic substantiation of the use of complex fertilizers with micronutrients in the cultivation of winter wheat. *Moscow Economic Journal*. 2017; (3):12. Available from: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-15/> (In Russ.).
9. Orekhovskaya AA, Stupakov AG, Kulikova MA. Nitrogen regime of typical chernozem with long-term use of fertilizers and winter wheat yield. *Scientific life*. 2018; (12):93—101. (In Russ.).
10. Stupakov AG, Smurov SI, Al Dhuhaiabawi HK, Ziuba SN, Kulikova MA, Shiryayeva NV. Productivity of winter wheat under the influence of mineral fertilizers and precursors. *Innovations in agricultural complex: problems and perspectives*. 2020; 1(25):184—192. (In Russ.).
11. Dolgopolova NV. Influence of mineral fertilizers on winter wheat wild resistance depending on methods of connection and terms of application. *Vestnik of Kursk state agricultural academy*. 2018; (1):23—26. (In Russ.).
12. Solovichenko VD, Nikitin VV, Karabutov AP, Navolneva EV. The impact of crop rotation, methods of tillage and fertilizers on the yield and economic performance of winter wheat. *Agrarian science*. 2018; (5):46—49. (In Russ.).
13. Cramer MD, Lewis OA. The influence of nitrate and ammonium nu-trition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. *Ann Bot*. 1993; 72(4):359—365. doi:10.1006/anbo.1993.1119
14. Curci PL, Cigliano RA, Zuluaga DL, Janni M, Sanseverino W, Sonnante G. Transcriptomic response of durum wheat to nitrogen starvation. *Scientific Reports*. 2017; (7):1176. doi:10.1038/s41598-017-01377-0
15. Ma C, Liu YN, Liang L, Zhai BN, Zhang HQ, Wang ZH. Effects of combined application of chemical fertilizer and organic manure on wheat yield and leaching of residual nitrate–N in dryland soil. *The Journal of Applied Ecology*. 2018; 29(4):1240—1248. (In Chinese). doi: 10.13287/j.1001-9332.201804.023

Об авторах:

Блашик Роман Михайлович — менеджер отдела по технологиям возделывания культур, ФосАгро-Польша, Польша, Варшава, улица Рондо, вторая линия, стр. 1, 00-124; e-mail: rblaszyk@phosagro.com

Носов Владимир Владимирович— кандидат биологических наук, начальник центра компетенций, АО «Апатит», 119333, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 55/1, стр. 1; e-mail: VVNosov@phosagro.ru

SPIN-код: 4225-9307

Пэлий Александр Федорович— ведущий специалист центра компетенций, АО «Апатит», 119333, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 55/1, стр. 1; e-mail: APeliy@phosagro.ru

ORCID: 0000-0002-0717-7533

About authors:

Blashik Roman Mikhailovich— manager of the department of crop cultivation technologies, PhosAgro Polska Sp. z o.o., 1 Rondo ONZ, 00-124, Warsaw, Poland, e-mail: rblaszyk@phosagro.com

Nosov Vladimir Vladimirovich— Candidate of Biological Sciences, Head of the Competence center, Apatit company, 55/1, Leninsky ave., Moscow, 119333, Russian Federation; e-mail: VVNosov@phosagro.ru
SPIN-code: 4225-9307

Peliy Alexandr Fedorovich— Leading Specialist, Competence center, Apatit company, 55/1, Leninsky ave., Moscow, 119333, Russian Federation; e-mail: APeliy@phosagro.ru

ORCID: 0000-0002-0717-7533



DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-315-330

УДК 631.459.2:631.417.2:631.445.4

Научная статья / Research article

Влияние водной эрозии на структуру и содержание лабильных гумусовых веществ в структурно-агрегатных фракциях черноземов выщелоченных Центрально-Черноземного региона

И.И. Васенев¹  , Н.С. Горбунова² ,
А.И. Громовик² , Т.А. Девятова² 

¹РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

²Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Российская Федерация

vasenev@rgau-msha.ru

Аннотация. Исследованы структурно-агрегатный состав черноземов выщелоченных (Voronich Chernozems Pachic по WRB-2014), распределение в структурно-агрегатных фракциях углерода органических соединений $C_{\text{орг}}$ и лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) в условиях склонового типа местности при развитии эрозии. Работы проводились в северной части Воронежской области на катене, которая включала в себя участок водораздела, плавно переходящий в склон юго-западной экспозиции длиной около 1500 м и крутизной 5°. Исследованы почвы следующих участков катены: 1) водораздельная часть; 2) верхняя часть склона; 3) средняя часть склона. Показано, что в эродированных черноземах происходит деградация структурно-агрегатного состояния, сопровождающаяся ухудшением микроструктурности, снижением количества мезоагрегатов и коэффициента структурности, а также утратой водопрочной структуры. Показано, что ЛГВ играют существенную роль в сохранении водопрочной структуры черноземов. Наиболее весомый вклад в содержание $C_{\text{орг}}$ вносят мезоагрегаты размером 5—1 мм, которые активно утрачиваются при развитии эрозии.

Ключевые слова: деградация черноземов, смыв, микроагрегатный состав, гранулометрический состав, коэффициент структурности, углерод органических соединений, углерод лабильных гумусовых веществ

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

История статьи: поступила в редакцию 3 марта 2022 г.; принята к публикации 9 мая 2022 г.

Для цитирования: Васенев И.И., Горбунова Н.С., Громовик А.И., Девятова Т.А. Влияние водной эрозии на структуру и содержание лабильных гумусовых веществ в структурно-агрегатных фракциях

© Васенев И.И., Горбунова Н.С., Громовик А.И., Девятова Т.А., 2022



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

черноземов выщелоченных Центрально-Черноземного региона // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 315–330. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-315-330

Influence of water erosion on the structure and content of labile humic substances in the structural-aggregate fractions of leached chernozems of the Central Chernozem region

Ivan I. Vasenev¹  , Nadezhda S. Gorbunova² ,
Arkady I. Gromovik² , Tatyana A. Devyatova² 

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

²Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

*vasenev@rgau-msha.ru

Abstract. The structural-aggregate composition of leached chernozems (Voronich Chernozems Pacific according to WRB-2014), the distribution of organic compounds C_{org} and labile humic substances (LHS) in the structural-aggregate fractions of carbon in the conditions of a slope type of terrain during the development of erosion were studied. The work was carried out in the northern part of the Voronezh region on the catena, which included a section of the watershed, smoothly turning into a southwestern slope about 1500 m long and 5° steep. The soils of the following sections of the catena were studied: 1) the watershed part; 2) the upper part of the slope; 3) the middle part of the slope. It was shown that degradation of the structural-aggregate state occurs in eroded chernozems, accompanied by a deterioration in microstructurality, a decrease in the number of mesoaggregates and a structural coefficient, as well as a loss of a water-resistant structure. According to the results, LHS play a very important role in maintaining the water-stable structure of chernozems. The most significant contribution to the content of C_{org} contribute mesoaggregates 5—1 mm in size, which are actively lost during the development of erosion.

Key words: degradation of chernozems, washout, microaggregate composition, granulometric composition, structural coefficient, carbon of organic compounds, carbon of labile humic substances

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

Article history: Received 3 March 2022. Accepted 9 May 2022.

For citation: Vasenev II, Gorbunova NS, Gromovik AI, Devyatova TA. Influence of water erosion on the structure and content of labile humic substances in the structural-aggregate fractions of leached chernozems of the Central Chernozem region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3): 315—330. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-315-330

Введение

Черноземы во всем мире признаны почвенным эталоном, это ценнейшие в сельскохозяйственном отношении почвы и главное национальное достояние России. Вовлечение черноземов в сельскохозяйственное производство приводит

к неизбежной трансформации их состава и свойств. При несоблюдении оптимальных и научно обоснованных агротехнических приемов, особенно в условиях склонового типа местности, наряду с агрогенной деградацией могут возникать эрозионно-дефляционные явления, которые наносят огромный ущерб как черноземам, так и сельскому хозяйству в целом [1—4]. Поэтому поиск инновационных подходов к выявлению, предотвращению и восстановлению эродированных почв является актуальным [5—7]. Деградированные земли в Центральном федеральном округе (ЦФО) занимают около 165,7 тыс. га [8]. Из них на долю эродированных (в той или иной степени) почв приходится около 30 % сельскохозяйственных угодий [9]. Как следствие вопрос противоэрозионной защиты почв является актуальным.

Деградация черноземов (в результате эрозионных процессов) в значительной степени обусловлена потерей органического вещества и ухудшением структурного состояния почв. Наиболее быстро утрата водопрочной почвенной структуры происходит на фоне снижения содержания органического вещества. В настоящее время вопрос о взаимосвязи структурного состояния почв с органическим веществом остается дискуссионным.

По мнению зарубежных исследователей, основная часть органического углерода $C_{\text{орг}}$ сосредоточена в макроагрегатах [10, 11]. Отсюда вполне очевидно, что агрегаторазрушающее действие является ведущей причиной потерь $C_{\text{орг}}$ в результате сельскохозяйственного использования почв и особенно при развитии эрозионных процессов. При сокращении доли крупных структурно-агрегатных отдельностей в распахиваемых почвах происходит их обеднение потенциально-минерализуемыми формами гумусовых веществ. Следует подчеркнуть, что образование крупных агрегатов является необходимым условием секвестрации углерода в почвах [12]. С увеличением размеров водопрочных агрегатов в них возрастает содержание $C_{\text{орг}}$ [13, 14]. Потери $C_{\text{орг}}$ почвой больше связаны с разрушением макроагрегатов, нежели микроагрегатов [15]. В процессе деградации почвенной структуры макроагрегаты распадаются на микроагрегаты, а последние в свою очередь диспергируются до элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) [16].

На агрегатном уровне структурной организации почв их свойство сохранять водопрочную структуру обусловлено гумусовыми веществами, обладающими амфифильными характеристиками [17]. При взаимодействии глинистых ЭПЧ, соединенных между собой силами гидрофобного связывания, из амфифильных гумусовых веществ формируются водоустойчивые почвенные агрегаты [10, 16, 18, 19]. Преимущественно гидрофобными свойствами обладает свежееобразованное органическое вещество, представленное лабильными гумусовыми веществами. Большая доля новообразованных лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) содержится в макроагрегатах почвы, нежели чем в микроагрегатах [20]. В связи с этим уровень содержания ЛГВ в определенной степени обуславливает формирование водопрочных почвенных агрегатов и способность их противостоять водному и механическому агрегаторазрушающим действиям.

Цель исследования — оценить степень изменения структурно-агрегатного состава черноземов выщелоченных и содержания в структурных фракциях $C_{\text{орг}}$

и ЛГВ в условиях склонового типа местности Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) при развитии эрозионных процессов, а также оценить роль ЛГВ в сохранении водопрочной почвенной структуры.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на территории Воронежской области (N 51,9997°, E 39,2812°). Почвенные разрезы закладывались на катене, представленной водораздельным участком, постепенно переходящим в склон юго-западной экспозиции длиной около 1500 м и крутизной 5°. Почвенные разрезы закладывались в пятикратной повторности на трех участках: 1) водораздел; 2) верхняя часть склона; 3) средняя часть склона. Классификационную принадлежность почв определяли по классификации почв СССР (1977) [21] и WRB (2014) [22].

Объектами исследований послужили черноземы выщелоченные (Voronian Chernozems Pachic по WRB-2014): на первом участке представлены черноземы выщелоченные малогумусные среднеспонгиозные среднесуглинистые; на втором — черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые слабосмытые; на третьем — черноземы выщелоченные слабогумусированные среднесуглинистые среднесмытые. В качестве почвообразующих пород выступают покровные карбонатные суглинки, подстилаемые отложениями древнего аллювия.

Из разрезов отбирались образцы почв через каждые 10 см до глубины 120...130 см. В отобранных образцах с целью общей характеристики почв по общепринятым методам [23] определялись следующие химические и физико-химические показатели: $C_{\text{орг}}$ методом Тюрина в модификации Симакова; гумус расчетным методом с использованием коэффициента 1,724; рН водной суспензии рН_{водн} потенциометрически; обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексонометрическим методом в некарбонатных образцах и методом Тюрина в карбонатных образцах; гидролитическая кислотность H_T методом Каппена; степень насыщенности почв обменными основаниями V расчетным методом.

Физические свойства определялись по [24] в почвенных образцах, отобранных с глубин 0—10 и 20—30 см: гранулометрический состав пипет-методом Н.А. Качинского; микроагрегатный состав по Н.А. Качинскому; структурно-агрегатный состав (в образцах ненарушенного сложения) методом Н.И. Саввинова (сухое и мокрое просеивание). Расчетным методом [24] определяли фактор дисперсности (по Н.А. Качинскому), фактор структурности (по А.Ф. Вадюниной), коэффициент структурности $K_{\text{стр}}$ и критерий водопрочности АФИ. В структурно-агрегатных фракциях (более 10, 10—5, 5—1, 1—0,25 и менее 0,25 мм), полученных сухим просеиванием, определяли содержание $C_{\text{орг}}$ и углерод лабильных гумусовых веществ $C_{\text{ЛГВ}}$. ЛГВ извлекали из почвы 0,1 М $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (при рН 7,0) с последующим определением $C_{\text{ЛГВ}}$ в пирофосфатной вытяжке методом Тюрина [23]. Полученные аналитические данные обрабатывались статистически с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и обсуждение

Черноземы выщелоченные смытые отличаются неблагоприятными морфологическими признаками по отношению к несмытым разновидностям, что прежде всего проявляется укорачиванием гумусовой толщи. Наибольшее сокращение мощности (на 40 см) гумусового профиля (A+AB) отмечено в среднесмытых почвах. В смытых разновидностях отмечается подтягивание к поверхности карбонатных горизонтов и ухудшение структурно-агрегатного состояния. В пахотном горизонте (AP) имеются глыбистые отдельности, и он обогащен пылевой фракцией, а горизонт A характеризуется зернисто-комковатой структурой. Исследуемые черноземы по гранулометрическому составу среднесуглинистые, однако в их профиле отмечается наличие песчаной фракции. Явление обусловлено особенностями подстилающих пород, которые имеют флювиогляциальное происхождение. Поэтому структурные отдельности в профиле исследуемых почв непрочные, за исключением горизонта Вt. В иллювиальном горизонте структурные отдельности более плотные за счет накопления коллоидных фракций, о чем свидетельствуют коллоидные налеты по граням структурных отдельностей.

Развитие эрозии способствовало снижению содержания гумуса в почвах на 13 и 30 % в слабо- и среднесмытых разновидностях соответственно (табл. 1). Среди физико-химических особенностей следует отметить, что величины актуальной и гидролитической кислотности не имеют существенных различий в исследуемых почвах. Исключением являются среднесмытые разновидности, в которых в результате смыва карбонаты залегают ближе к дневной поверхности, в результате чего происходит повышение $pH_{\text{водн}}$ к нейтральным значениям и более низкие значения гидролитической кислотности.

Таблица 1

Химические и физико-химические свойства черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности (среднее значение \pm ошибка среднего арифметического, при $n = 5$)

Глубина, см	$C_{\text{орг}}$	Гумус	$pH_{\text{водн}}$	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы		
	%			H^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые						
0–10	2,99 \pm 0,09	5,16 \pm 0,17	6,5 \pm 0,14	2,1 \pm 0,12	24,1 \pm 0,90	5,3 \pm 0,12
20–30	2,43 \pm 0,07	4,19 \pm 0,11	6,9 \pm 0,09	3,8 \pm 0,08	24,7 \pm 0,61	5,0 \pm 0,11
40–50	1,66 \pm 0,08	2,86 \pm 0,11	7,1 \pm 0,12	1,1 \pm 0,10	20,4 \pm 0,91	4,3 \pm 0,11
60–70	1,23 \pm 0,04	2,12 \pm 0,10	7,2 \pm 0,10	0,8 \pm 0,05	19,4 \pm 0,74	4,3 \pm 0,09
80–90	0,73 \pm 0,03	1,25 \pm 0,09	7,5 \pm 0,11	–	18,5 \pm 0,93	4,0 \pm 0,13
100–100	0,60 \pm 0,03	1,04 \pm 0,05	7,9 \pm 0,08	–	18,0 \pm 0,65	3,8 \pm 0,09
120–130	0,35 \pm 0,03	0,60 \pm 0,04	8,0 \pm 0,09	–	17,8 \pm 0,95	3,5 \pm 0,12
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые слабосмытые						
0–10	2,60 \pm 0,08	4,49 \pm 0,15	6,5 \pm 0,11	2,3 \pm 0,10	23,7 \pm 1,10	5,1 \pm 0,11

Окончание табл. 1

Глубина, см	C _{орг}	Гумус	pH _{водн}	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы		
	%			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
20–30	1,74±0,07	3,00±0,13	6,8±0,10	1,3±0,09	21,3±0,10	4,5±0,08
40–50	0,96±0,06	1,66±0,08	7,1±0,09	1,0±0,10	19,1±0,99	4,0±0,09
60–70	0,77±0,06	1,32±0,07	7,4±0,07	–	18,6±0,52	3,9±0,08
80–90	0,58±0,04	1,00±0,03	7,9±0,10	–	18,0±0,84	3,8±0,09
100–100	0,43±0,03	0,74±0,02	8,0±0,05	–	17,6±0,63	3,7±0,06
120–130	0,30±0,02	0,51±0,03	8,1±0,06	–	17,3±0,89	3,6±0,08
Черноземы выщелоченные слабогумусированные среднесуглинистые среднесмытые						
0–10	2,12±0,08	3,66±0,18	6,9±0,13	1,8±0,09	22,3±0,98	4,8±0,11
20–30	1,42±0,06	2,44±0,11	7,4±0,09	–	20,4±0,71	4,3±0,09
40–50	0,81±0,05	1,40±0,10	7,6±0,11	–	18,7±1,01	3,9±0,10
60–70	0,67±0,05	1,15±0,08	7,8±0,09	–	18,3±0,78	3,8±0,07
80–90	0,53±0,03	0,92±0,05	7,9±0,08	–	17,9±0,96	3,7±0,10
100–100	0,36±0,01	0,62±0,04	8,2±0,08	–	17,4±0,83	3,6±0,07
120–130	0,19±0,01	0,32±0,03	8,2±0,09	–	16,9±0,89	3,5±0,09

Table 1

Chemical and physicochemical properties of leached chernozems in conditions of a slope type of terrain (mean value ± error of the arithmetic mean, for n = 5)

Depth, cm	C _{орг}	Humus	pH _{wat.}	Exchangeable cations, cmol (eq)/kg soil		
	%			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Leached chernozems low-humus medium-thick medium-loamy						
0–10	2.99±0.09	5.16±0.17	6.5±0.14	2.1±0.12	24.1±0.90	5.3±0.12
20–30	2.43±0.07	4.19±0.11	6.9±0.09	3.8±0.08	24.7±0.61	5.0±0.11
40–50	1.66±0.08	2.86±0.11	7.1±0.12	1.1±0.10	20.4±0.91	4.3±0.11
60–70	1.23±0.04	2.12±0.10	7.2±0.10	0.8±0.05	19.4±0.74	4.3±0.09
80–90	0.73±0.03	1.25±0.09	7.5±0.11	–	18.5±0.93	4.0±0.13
100–100	0.60±0.03	1.04±0.05	7.9±0.08	–	18.0±0.65	3.8±0.09
120–130	0.35±0.03	0.60±0.04	8.0±0.09	–	17.8±0.95	3.5±0.12
Leached chernozems low-humus medium loamy weakly washed away						
0–10	2.60±0.08	4.49±0.15	6.5±0.11	2.3±0.10	23.7±1.10	5.1±0.11
20–30	1.74±0.07	3.00±0.13	6.8±0.10	1.3±0.09	21.3±0.10	4.5±0.08
40–50	0.96±0.06	1.66±0.08	7.1±0.09	1.0±0.10	19.1±0.99	4.0±0.09
60–70	0.77±0.06	1.32±0.07	7.4±0.07	–	18.6±0.52	3.9±0.08
80–90	0.58±0.04	1.00±0.03	7.9±0.10	–	18.0±0.84	3.8±0.09
100–100	0.43±0.03	0.74±0.02	8.0±0.05	–	17.6±0.63	3.7±0.06
120–130	0.30±0.02	0.51±0.03	8.1±0.06	–	17.3±0.89	3.6±0.08
Leached chernozems slightly humus medium loamy medium washed away						
0–10	2.12±0.08	3.66±0.18	6.9±0.13	1.8±0.09	22.3±0.98	4.8±0.11

Depth, cm	C _{org}	Humus	pH _{wat.}	Exchangeable cations, cmol (eq)/kg soil		
	%			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
20–30	1.42±0.06	2.44±0.11	7.4±0.09	–	20.4±0.71	4.3±0.09
40–50	0.81±0.05	1.40±0.10	7.6±0.11	–	18.7±1.01	3.9±0.10
60–70	0.67±0.05	1.15±0.08	7.8±0.09	–	18.3±0.78	3.8±0.07
80–90	0.53±0.03	0.92±0.05	7.9±0.08	–	17.9±0.96	3.7±0.10
100–100	0.36±0.01	0.62±0.04	8.2±0.08	–	17.4±0.83	3.6±0.07
120–130	0.19±0.01	0.32±0.03	8.2±0.09	–	16.9±0.89	3.5±0.09

Содержание обменных катионов (Ca²⁺ и Mg²⁺) тесно взаимосвязано с профильным распределением гумуса. Поэтому аналогично гумусу в черноземах подверженных эрозии количество обменных катионов (Ca²⁺ и Mg²⁺) меньше, чем у несмытых аналогов. Все почвы достаточно хорошо насыщены обменными основаниями.

По гранулометрическому составу почвы среднесуглинистые с преобладанием фракции среднего песка (ЭПЧ 1—0,25 мм). В черноземах катены выявлены различия в распределении гранулометрических фракций, несмотря на сходства их гранулометрического состава. В черноземах водораздела в гранулометрическом составе преобладающими является фракции крупного и среднего песка (27,7 %), а сопутствующими фракциями являются средне- и мелкопылеватая, на долю которых приходится соответственно 9,2 и 13,2 % (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический (числитель) и микроагрегатный (знаменатель) составы, факторы дисперсности и структурности черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности (n = 5)

Глубина, см	Содержание фракций различного размера, %							Фактор дисперсности	Фактор структурности
	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	< 0,001 мм	< 0,01 мм		
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые									
0–10	27,7 13,2	8,4 41,1	21,2 23,9	9,2 9,9	13,5 6,4	20,0 5,5	42,7 21,1	28	50
20–30	24,4 13,6	8,2 39,5	23,5 27,0	9,7 10,8	12,0 3,3	22,2 5,8	43,9 19,9	26	52
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые слабосмытые									
0–10	43,8 23,4	8,1 35,8	14,6 17,8	6,7 6,5	8,6 8,8	18,2 7,7	33,5 23,0	42	37
20–30	43,3 26,1	8,0 40,4	14,3 10,3	6,4 5,4	8,3 10,1	19,7 7,7	34,4 23,2	39	39
Черноземы выщелоченные слабогумусированные среднесуглинистые среднесмытые									
0–10	41,0 22,1	11,5 41,0	17,3 19,2	4,9 3,5	3,8 3,8	21,5 10,4	30,2 17,7	48	34
20–30	40,9 20,4	10,5 39,0	15,8 18,7	6,6 6,4	4,8 7,0	21,4 8,5	32,8 21,9	40	36

Granulometric (above the line) and micro-aggregate (below the line) composition, factors of dispersion and structure of chernozems leached in conditions of a slope type of terrain (n = 5)

Depth, cm	The content of fractions of various sizes,%							Dispersion factor	Structural factor
	1–0.25 mm	0.25–0.05 mm	0.05–0.01 mm	0.01–0.005 mm	0.005–0.001 mm	< 0.001 mm	< 0.01 mm		
Leached chernozems low-humus medium-thick medium-loamy									
0–10	<u>27.7</u> 13.2	<u>8.4</u> 41.1	<u>21.2</u> 23.9	<u>9.2</u> 9.9	<u>13.5</u> 6.4	<u>20.0</u> 5.5	<u>42.7</u> 21.1	28	50
20–30	<u>24.4</u> 13.6	<u>8.2</u> 39.5	<u>23.5</u> 27.0	<u>9.7</u> 10.8	<u>12.0</u> 3.3	<u>22.2</u> 5.8	<u>43.9</u> 19.9	26	52
Leached chernozems low-humus medium loamy weakly washed away									
0–10	<u>43.8</u> 23.4	<u>8.1</u> 35.8	<u>14.6</u> 17.8	<u>6.7</u> 6.5	<u>8.6</u> 8.8	<u>18.2</u> 7.7	<u>33.5</u> 23.0	42	37
20–30	<u>43.3</u> 26.1	<u>8.0</u> 40.4	<u>14.3</u> 10.3	<u>6.4</u> 5.4	<u>8.3</u> 10.1	<u>19.7</u> 7.7	<u>34.4</u> 23.2	39	39
Leached chernozems slightly humus medium loamy medium washed away									
0–10	<u>41.0</u> 22.1	<u>11.5</u> 41.0	<u>17.3</u> 19.2	<u>4.9</u> 3.5	<u>3.8</u> 3.8	<u>21.5</u> 10.4	<u>30.2</u> 17.7	48	34
20–30	<u>40.9</u> 20.4	<u>10.5</u> 39.0	<u>15.8</u> 18.7	<u>6.6</u> 6.4	<u>4.8</u> 7.0	<u>21.4</u> 8.5	<u>32.8</u> 21.9	40	36

В эродированных почвах также преобладают фракции крупного и среднего песка, на долю которых приходится от 43,3 до 43,8 % в слабосмытых и от 40,9 до 41,0 % — в среднесмытых разновидностях. На втором месте в качестве сопутствующей фракции выступает илистая фракция (ЭПЧ < 0,001 мм), количество которой в слабосмытых почвах составляет 18,2...19,7 %, а в среднесмытых — 21,4...1,5 %. Обогащенность песчаными фракциями и в целом среднесуглинистый гранулометрический состав почв связаны с тем, что в качестве подстилающих пород для покровных карбонатных суглинков выступают древнеаллювиальные песчаные отложения.

Почва водораздельного участка на основании выхода илистых частиц при микроагрегатном анализе обладает хорошей микроструктурностью. В них фактор дисперсности составляет 28 %. В эродированных черноземах, особенно среднесмытых, выход илистой фракции при микроагрегатном анализе увеличивается до 42...48 %, соответственно эти почвы теряют микроструктуру.

Наилучшими показателями структурного состояния характеризуется чернозем выщелоченный на водоразделе, где он составляет 50 %. Эродированные черноземы отличаются более низким фактором структурности, т.е. они в меньшей степени имеют возможность к оструктуриванию. От слабосмытых к среднесмытым разновидностям фактор структурности уменьшается от 37 до 34 % в слое почвы 0—10 см и от 39 до 36 % — в слое 20—30 см.

Нашими исследованиями установлено, что все рассматриваемые почвы отличаются невысоким фактором структурности в виду их облегченного гранулометрического состава. Однако эродированные черноземы практически утратили потенциальную способность к оструктуриванию, так как значения фактора структурности в них низкие. Поскольку в результате эрозии эти почвы теряют наиболее активные (в клеющем отношении) ЭПЧ размером менее 0,005 мм, поэтому чем больше степень смыва, тем хуже почва потенциально способна к оструктуриванию.

Лучший структурно-агрегатный состав имеют черноземы, расположенные на водораздельном участке. Здесь оструктуренность оценивается как хорошая, так как выход мезоагрегатных фракций в слоях 0—10 и 20—30 см составляет соответственно 65 и 60 % (табл. 3). При этом коэффициенты структурности в вышеуказанных слоях самые высокие и составляют соответственно 1,82 и 1,50. Доминирующей структурно-агрегатной фракцией в структурном составе являются агрегаты размером 5—1 мм. На их долю приходится 34,4...45,5 %. Почва водораздела отличается высокой водопрочностью агрегатов (450...466 %), рассчитанной по Кузнецовой. Здесь доля агрегатов размером более 0,25 мм, определенная в результате мокрого просеивания, изменяется от 67 % в слое 0—10 см до 75 % в слое 20—30 см.

Развитие эрозионных процессов на склоновых почвах способствует ухудшению всего комплекса физических свойств. В пахотном горизонте АР эродированных черноземов на макроструктурном уровне возрастает доля глыбистой фракции, количество которой в слабосмытых разновидностях составляет 54,2 %, а в среднесмытых — 58,0 %. Кроме того, при средней степени смытости отмечается возрастание доли пылевой фракции (до 12 %) в структурно-агрегатном составе. При увеличении степени эродированности черноземы теряют значительное количество мезоагрегатов (агрономически ценных) по сравнению с несмытым аналогом. Так, в слое 0—10 см количество мезоагрегатов в слабосмытых и среднесмытых разновидностях снижается соответственно до 39 и 30 %. $K_{стр}$ в смытых черноземах в слое 0—10 см оценивается как неудовлетворительный. В слабосмытых и среднесмытых разновидностях этот показатель составляет соответственно 0,64 и 0,43. В нижележащем слое $K_{стр}$ оценивается как удовлетворительный и составляет 1,29 в слабосмытых и 0,98 — среднесмытых почвах.

Таблица 3

Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание – числитель, мокрое – знаменатель) черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности (n = 5)

Глубина, см	Содержание фракций различного размера, %					$K_{стр}$	Мезоагрегаты (0,25–10 мм) %	АФИ
	> 10 мм	10–5 мм	5–1 мм	1–0,25 мм	< 0,25 мм			
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые								
0–10	28,0 –	15,0 –	42,5 34,4	7,0 32,6	7,5 33,0	1,82	65	466
20–30	35,9 –	18,0 –	34,4 40,6	7,6 34,2	4,1 25,2	1,50	60	450
Черноземы выщелоченные малогумусные среднесуглинистые слабосмытые								

Глубина, см	Содержание фракций различного размера, %					K _{стр}	Мезоагрегаты (0,25–10 мм) %	АФИ
	> 10 мм	10–5 мм	5–1 мм	1–0,25 мм	< 0,25 мм			
0–10	54,2 —	14,4 —	16,7 16,0	7,8 28,4	6,9 55,6	0,64	39	364
20–30	35,4 —	14,6 —	32,3 17,6	9,5 37,0	8,2 45,4	1,29	56	389
Черноземы выщелоченные слабогумусированные среднесуглинистые среднесмытые								
0–10	58,0 —	5,0 —	14,3 7,0	10,7 27,6	12,0 65,4	0,43	30	258
20–30	46,9 —	20,4 —	19,1 7,0	10,1 31,6	3,5 61,4	0,98	50	313

Table 3

Structural and aggregate composition (dry sieving – above the line, wet – below the line) leached chernozems in conditions of a slope type of terrain (n = 5)

Depth, cm	The content of fractions of various sizes, %					C _{стр}	Mesoaggregates (0.25–10 mm) %	AFI
	> 10 mm	10–5 mm	5–1 mm	1–0.25 mm	< 0.25 mm			
Leached chernozems low-humus medium-thick medium-loamy								
0–10	28.0 —	15.0 —	42.5 34.4	7.0 32.6	7.5 33.0	1.82	65	466
20–30	35.9 —	18.0 —	34.4 40.6	7.6 34.2	4.1 25.2	1.50	60	450
Leached chernozems low-humus medium loamy weakly washed away								
0–10	54.2 —	14.4 —	16.7 16.0	7.8 28.4	6.9 55.6	0.64	39	364
20–30	35.4 —	14.6 —	32.3 17.6	9.5 37.0	8.2 45.4	1.29	56	389
Leached chernozems slightly humus medium loamy medium washed away								
0–10	58.0 —	5.0 —	14.3 7.0	10.7 27.6	12.0 65.4	0.43	30	258
20–30	46.9 —	20.4 —	19.1 7.0	10.1 31.6	3.5 61.4	0.98	50	313

В слабосмытых черноземах ухудшаются показатели водостойчивости почвенных агрегатов. Так их количество снижается до 44 % в слое 0–10 см и до 55 % в слое 20–30 см. По сравнению с черноземом, расположенным на водораздельном участке, в эродированных разновидностях существенно снижается показатель АФИ, который в слабосмытых почвах равен 364...389 % и 258...313 % — в среднесмытых.

Таким образом, эрозионные процессы способствуют деградации структурно-агрегатного состава черноземов. Основным признаком деградации уровней структурной организации рассматриваемых почв является снижение коэффициента структурности за счет увеличения в структурно-агрегатном составе макро- и микроагрегатов, а также уменьшение количества водостойчивых почвенных агрегатов, что делает эти почвы более уязвимыми к эрозии.

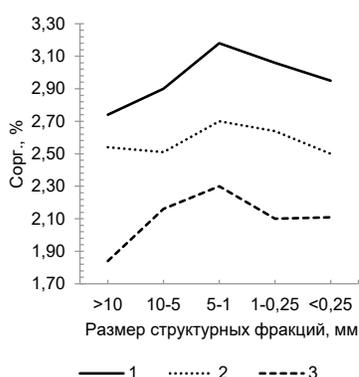
Максимальное количество C_{орг} (3,18 %) отмечено в структурно-агрегатных фракциях размером 5–1 мм в почве водораздельного участка (рис., А). В слабо- и среднесмытых черноземах количество C_{орг} в этой фракции было меньше почвы

водораздельного участка и составляло соответственно 2,70 и 2,30 %. Минимальное содержание $C_{\text{орг}}$ наблюдалось в структурно-агрегатных фракциях размером более 10 и менее 0,25 мм. Статистическая обработка данных (при $P = 0,95$) не показала достоверных различий в содержании $C_{\text{орг}}$ в макро- (>10 мм) и микроагрегатах (<0,25 мм).

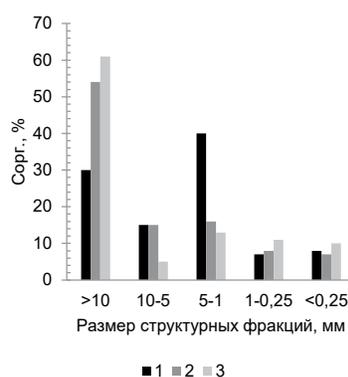
По данным структурно-агрегатного анализа и содержанию в структурно-агрегатных фракциях $C_{\text{орг}}$ рассчитывался вклад всех отдельностей в общий органический углерод почвы — путем вычисления процента распределения $C_{\text{орг}}$ для каждой структурно-агрегатной фракции от общего содержания $C_{\text{орг}}$ в смешанном образце почвы (рис., Б). В результате чего были установлены различия по вкладу в общее органическое вещество углерода структурно-агрегатных фракций при развитии эрозии на черноземах. В почве водораздельного участка наибольший вклад (40 %) в общий углерод почвы вносят фракции 5—1 мм. На втором месте стоят макроагрегаты (>10 мм) — 30 %, а меньше всего приходится на фракции 1—0,25 и <0,25 мм. В черноземах слабо- и среднесмытых на первом месте по доле вклада в общий органический углерод находятся макроагрегаты (54 и 61 % соответственно). В слабосмытых почвах микроагрегаты в меньшей степени (7 %) принимают участие в общем органическом углероде почвы, а в среднесмытых — фракция 10—5 мм (5 %).

Как уже отмечалось нами ранее, содержание в почвах ЛГВ обуславливает формирование водопрочных почвенных агрегатов и способность их противостоять водному и механическому агрегаторазрушающим действиям.

Наибольшая обогащенность структурно-агрегатных фракций углеродом лабильных гумусовых веществ отмечалась в почвах водораздельного участка, а наименьшая — в среднесмытых черноземах выщелоченных (рис., В, Г). Распределение $C_{\text{ЛГВ}}$ по структурно-агрегатным фракциям не одинаково. На черноземах водораздельного участка максимальное содержание $C_{\text{ЛГВ}}$ отмечалось во фракции мезоагрегатов размером 5—1 мм и составляло 0,24 % (7,5 % от $C_{\text{орг}}$). По мере увеличения или уменьшения размерности фракций содержание $C_{\text{ЛГВ}}$ снижалось, так в макро- и микроагрегатах его количество составляло 0,14 % (соответственно 5,1 и 4,7 % от $C_{\text{орг}}$).

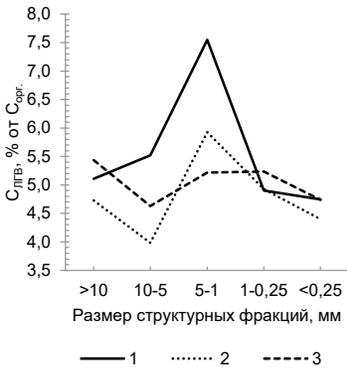


А

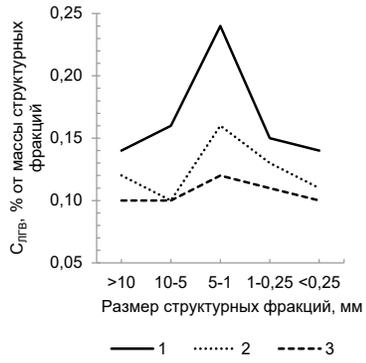


Б

Распределение Сор_г и СЛГВ в структурно-агрегатных фракциях черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности: 1 — водораздел; 2 — верхняя часть склона; 3 — нижняя часть склона (начало)

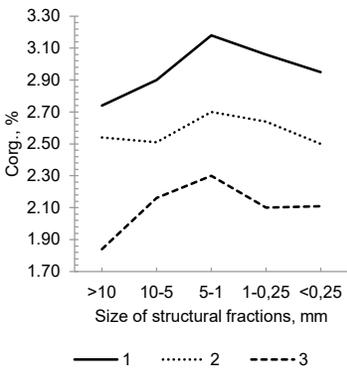


B

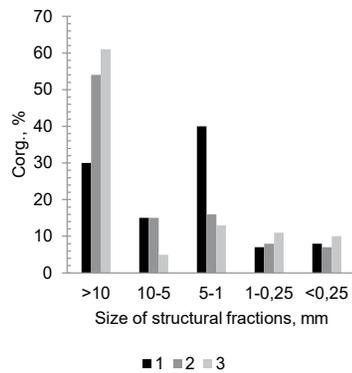


Г

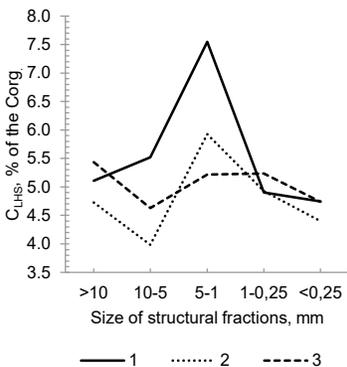
Распределение C_{org} и C_{LPB} в структурно-агрегатных фракциях черноземов выщелоченных в условиях склонового типа местности: 1 – водораздел; 2 – верхняя часть склона; 3 – нижняя часть склона (окончание)



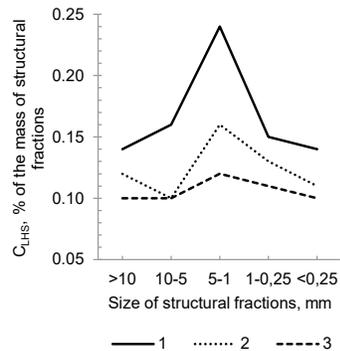
A



Б



B



Г

Distribution of C_{org} and C_{LHS} in the structural-aggregate fractions of chernozems leached in the conditions of the slope type of terrain: 1 – watershed; 2 – the upper part of the slope; 3 – the lower part of the slope

В слабосмытых разновидностях черноземов максимальное содержание $C_{\text{ЛГВ}}$ отмечалось во фракции 5—1 мм и составляло 0,16 % (5,9 % от $C_{\text{орг}}$). Остальные структурно-агрегатные фракции не имели статистически достоверных различий (при $P = 0,95$) по содержанию в них $C_{\text{ЛГВ}}$, количество которого составляет 0,11...0,12 % (4,0...4,9 % от $C_{\text{орг}}$).

Распределение $C_{\text{ЛГВ}}$ в среднесмытых разновидностях черноземов по структурно-агрегатным фракциям не имеет статистически достоверных различий (при $P = 0,95$). Оно изменяется в пределах от 0,10 до 0,12 % (4,6...5,4 % от $C_{\text{орг}}$).

В результате исследований была установлена тесная корреляционная зависимость ($R^2 = 0,81$) между содержанием ЛГВ и количеством мезоагрегатов почвы. Чем больше в почвах содержится ЛГВ, тем лучшим коэффициентом структурности и критерием водопрочности агрегатов они характеризуются. Так в почвах водораздельного участка водопрочные структурно-агрегатные отдельности сформированы в условиях большего содержания $C_{\text{орг}}$ и $C_{\text{ЛГВ}}$ в составе агрегатов. В смытых разновидностях на фоне снижения содержания $C_{\text{орг}}$ и низкой обогащенности структурно-агрегатных фракций ЛГВ утрачивается водопрочная структура и ухудшаются показатели структурно-агрегатного состояния.

Заключение

Развитие эрозионных процессов на черноземах выщелоченных сопровождается деградацией их структурно-агрегатного состояния. Наиболее весомый вклад в содержание $C_{\text{орг}}$ вносят мезоагрегаты размером 5—1 мм, которые активно утрачиваются при развитии эрозии. От степени смытости зависит потенциальная возможность черноземов к оструктуриванию. Микрооструктурность смытых в разной степени почв ухудшается от слабосмытых к сильносмытым разновидностям, где фактор дисперсности в пахотном горизонте увеличивается практически в два раза по сравнению с черноземами водораздела. По мере усиления степени смытости черноземов происходит снижение количества агрономически ценных мезоагрегатов на 29...61 %, что соответственно приводит к уменьшению коэффициента структурности до 0,27...0,63. Ухудшаются водоустойчивость почвенных агрегатов и критерий их водопрочности. От обогащенности почв ЛГВ зависят коэффициент структурности и критерий водопрочности агрегатов. На фоне снижения содержания $C_{\text{орг}}$ и низкой обогащенности структурно-агрегатных фракций ЛГВ в эродированных черноземах отмечаются утрата водопрочной структуры и в целом ухудшение показателей структурно-агрегатного состояния. Следовательно, ЛГВ осуществляет весомый вклад в образование водопрочной структуры черноземов.

Библиографический список

1. Гусаров А.В., Голосов В.Н., Шарифуллин А.Г., Гуфаров А.М. Современный тренд эрозии пахотных черноземов южных на западе Оренбургской области // Почвоведение. 2018. № 5. С. 601—616. doi: 10.1134/S 1064229318050046

2. *Плотникова О.О., Демидов В.В., Лебедева М.П.* Действие мелководных потоков на поверхностные горизонты чернозема типичного различной степени смывтости // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. № 91. С. 85—109. doi:10.19047/0136-1694-2018-91-85-109
3. *Солдат И.Е.* Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 182—190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190
4. *Шпедт А.А., Трубников Ю.Н., Жаринова Н.Ю.* Агрогенная деградация почв и почвенного покрова Красноярской лесостепи // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1253—1261. doi: 10.1134/S106422931710012X
5. *Зайдельман Ф.Р.* Защита почв от деградации // Вестник Российской академии наук. 2008. Т. 78. № 8. С. 693—703.
6. *Козут Б.М.* Оценка уровней эродированности черноземов по относительной степени их гумусированности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 78. С. 59—69.
7. *Молчанов Э.Н., Савин И.Ю., Яковлев А.С., Булгаков Д.С., Макаров О.А.* Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1394—1406. doi: 10.1134/S1064229315110113
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2017 году. М., 2018. 197 с.
9. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв. М.: МГУ, КолосС, 2004. 352 с.
10. *Jastrow J.D., Miller R.M., Boutton T.W.* Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance // Soil Sci. Soc. Am. J. 1996. Vol. 60. P. 801—807. doi: 10.2136/sssaj1996.03615995006000030017x
11. *Six J., Paustian K., Elliott E.T., Combrink C.* Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon // Soil Sci. Soc. Am. J. 2000. Vol. 64. P. 681—689. doi: 10.2136/sssaj2000.642681x
12. *Семёнов В.М., Иванникова Л.А., Семёнова Н.А., Ходжаева А.К., Удальцов С.Н.* Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157—165. doi: 10.1134/S1064229310020031
13. *Козут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А.* Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. 2012. № 5. С. 555—561.
14. *Семёнов В.М., Козут Б.М.* Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
15. *John B., Yamashita T., Ludwig B., Flessa H.* Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use // Geoderma. 2005. Vol. 128. P. 63—79. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.12.013
16. *Oades J.M., Waters A.G.* Aggregate hierarchy in soils // Australian J. Soil Res. 1991. Vol. 29. № 6. P. 815—828. doi: 10.1071/SR9910815
17. *Милановский Е.Ю.* Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения. М.: ГЕОС, 2009. 186 с.
18. *Милановский Е.Ю., Шеин Е.В.* Функциональная роль амфифильных компонентов гумусовых веществ в процессах гумусо-структурообразования и в генезисе почв // Почвоведение. 2002. № 10. С. 1201—1213.
19. *Шеин Е.В., Милановский Е.Ю.* Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53—61.
20. *Jastrow J.D.* Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter // Soil Biol. and Biochem. 1996. Vol. 28. № 4—5. P. 656—676. doi: 10.1016/0038-0717(95)00159-X
21. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.
22. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO. Rome.
23. *Щеглов Д.И., Громовик А.И., Горбунова Н.С.* Основы химического анализа почв. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. 332 с.
24. *Шеин Е.В., Карпачевский Л.О.* Теория и методы физики почв. М.: ГрифиК, 2007. 616 с.

References

1. Gusarov AV, Golosov VN, Sharifullin AG, Gafurov AM. Contemporary trend in erosion of arable southern chernozems (haplic chernozems pachic) in the west of Orenburg region (Russia). *Pochvovedenie*. 2018; (5):601—616. (In Russ.). doi: 10.7868/S 0032180X1805009X
2. Plotnikova OO, Demidov VV, Lebedeva MP. The impact of shallow streams on the surface horizons of typical chernozem with different erosion degree. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2018; (91):85—109. (In Russ.). doi: 10.19047/0136-1694-2018-91-85-109.
3. Soldat IE. Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):182—190. (In Russ.). doi: 10.22363/2312—797X-2020-15-2-182-190.
4. Shpedt AA, Trubnikov YN, Zharinova NY. Agrogenic degradation of soils in Krasnoyarsk forest-steppe. *Pochvovedenie*. 2017; (10):1253—1261. (In Russ.). doi: 10.7868/S 0032180X17100124
5. Seidelman FR. Protection of soil from degradation. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2008; 78(8):693—703. (In Russ.).
6. Kogut BM. Estimate of chernozem erodibility level according to the humification degree. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2015; (78):59—69. (In Russ.).
7. Molchanov EN, Savin IY, Yakovlev AS, Bulgakov DS, Makarov OA. National approaches to evaluation of the degree of soil degradation. *Pochvovedenie*. 2015; (11):1394—1406. (In Russ.). doi: 10.7868/S 0032180X15110118
8. *Gosudarstvennyi (natsional'nyi) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiiskoi federatsii v 2017 godu* [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2017]. Moscow; 2018. (In Russ.).
9. Kuznetsov MS, Glazunov GP. *Eroziya i okhrana pochv* [Erosion and soil protection]. Moscow: MGU, KoloSS publ.; 2004. (In Russ.).
10. Jastrow JD, Miller RM, Boutton TW. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1996; 60(3):801—807. doi: 10.2136/sssaj1996.03615995006000030017x
11. Six J, Paustian K, Elliott ET, Combrink C. Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2000; 64(2):681—689. doi: 10.2136/sssaj2000.642681x
12. Semyonov VM, Ivannikova LA, Semyonova NA, Khodzhaeva AK, Udaltsov SN. Organic matter mineralization in different soil aggregate fractions. *Pochvovedenie*. 2010; (2):157—165. (In Russ.). doi: 10.1134/S 1064229310020031
13. Kogut BM, Sysuev SA, Kholodov VA. Water stability and labile humic substances of typical chernozems under different land uses. *Pochvovedenie*. 2012; (5):555—561. (In Russ.).
14. Semyonov VM, Kogut BM. *Pochvennoe organicheskoe veshchestvo* [Soil organic matter]. Moscow: GEOS publ.; 2015. (In Russ.).
15. John B, Yamashita T, Ludwig B, Flessa H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. 2005; 128(1—2):63—79. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.12.013
16. Oades JM, Waters AG. Aggregate hierarchy in soils. *Australian J. Soil Res.* 1991; 29(6):815—828. doi: 10.1071/SR9910815
17. Milanovskii EY. *Gumusovye veshchestva pochv kak prirodnye gidrofobno-gidrofil'nye soedineniya* [Humic substances of soils as natural hydrophobic-hydrophilic compounds]. Moscow: GEOS publ.; 2009. (In Russ.).
18. Milanovskii EY, Shein EV. Functional role of amphiphilic humus components in humus structure formation and soil genesis. *Pochvovedenie*. 2002; (10):1201—1213. (In Russ.).
19. Shein EV, Milanovskii EY. The role of organic matter in the formation and stability of soil aggregates. *Pochvovedenie*. 2003; (1):53—61. (In Russ.).
20. Jastrow JD. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. *Soil Biol. and Biochem.* 1996; 28(4—5):665—676. doi: 10.1016/0038-0717(95)00159-X

21. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils in the USSR]. Moscow: Koloss publ.; 1977. (In Russ.).

22. FAO. *World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports. Report number: 106. 2015

23. Shcheglov DI, Gromovik AI, Gorbunova NS. *Osnovy khimicheskogo analiza pochv* [Fundamentals of soil chemical analysis]. Voronezh: VGU publ.; 2019. (In Russ.).

24. Shein EV, Karpachevsky LO. *Teoriya i metody fiziki pochv* [Theory and methods of soil physics]. Moscow: GrifIK publ.; 2007. (In Russ.).

Об авторах:

Васенев Иван Иванович — доктор биологических наук профессор, заведующий кафедрой экологии, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: vasenev@rgau-msha.ru
ORCID: 0000-0001-9127-9569

Горбунова Надежда Сергеевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов, Воронежский государственный университет, Российская Федерация, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1; e-mail: vilian@list.ru
ORCID: 0000-0002-7986-8106

Громовик Аркадий Игоревич — кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов, Воронежский государственный университет, Российская Федерация, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1; e-mail: agrom.ps@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2340-6404

Девятлова Татьяна Анатольевна — доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой экологии и земельных ресурсов, Воронежский государственный университет, Российская Федерация, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1; e-mail: devyatova.eco@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4756-9005

About authors:

Vasenev Ivan Ivanovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Ecology, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: vasenev@rgau-msha.ru
ORCID: 0000-0001-9127-9569

Gorbunova Nadezhda Sergeevna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, 1 Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russian Federation; e-mail: vilian@list.ru
ORCID: 0000-0002-7986-8106

Gromovik Arkady Igorevich — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, 1 Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russian Federation; e-mail: agrom.ps@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2340-6404

Devyatova Tatyana Anatolyevna — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head. Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, 1 Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russian Federation; e-mail: devyatova.eco@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4756-9005



Озеленение населенных пунктов Landscaping of settlements

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349
УДК 712:631.42(47+57–25)

Научная статья / Research article

Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса

С.А. Демина  , В.И. Васенев , К.И. Махиня , О.Н. Ромзайкина ,
И.И. Истомина , М.Е. Павлова , Э.А. Довлетярова 

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 ibatulina_sa@pfur.ru

Аннотация. Рекреационные зоны выполняют значимую роль в формировании устойчивой и комфортной городской среды. Зеленые насаждения и почвы рекреационных зон обеспечивают важные экологические функции и экосистемные сервисы, реализация которых зависит от сочетания естественных и антропогенных факторов, определяемых во многом историей землепользования. В рекреационных зонах Новой Москвы проведен сравнительный анализ древесных насаждений ($n = 1909$) и почв ($n = 39$, слой 0—10 см) парков, созданных на месте лесных и залежных территорий. Показано, что для лесопарков видовое разнообразие было выше, а балл состояния ниже, чем для парков, созданных на месте залежей, для которых в целом отмечен более высокий уровень благоустройства. Для почв таких парков характерна нейтральная реакция ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 7,2 \pm 0,8$) и высокое содержание органического вещества ($8,5 \pm 2,5$ %), в то время как почвы лесопарков были ближе к фоновой дерново-подзолистой почве лесного участка — $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} 6,4 \pm 0,2$ и $5,1 \pm 0,2$; органическое вещество $5,9 \pm 0,2$ и $3,5 \pm 0$ % соответственно. Для почв парков, созданных на месте залежей, выявлен более высокий уровень загрязнения как по отдельным тяжелым металлам, так и по интегральному индексу загрязнения. Таким образом, более высокий уровень благоустройства парков на месте залежных земель сопряжен с более значительной антропогенной нагрузкой

© Демина С.А., Васенев В.И., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А., 2022



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

и изменением экосистемы, в то время как реорганизация лесов в лесопарки позволяет частично сохранить естественные экосистемы, что необходимо принимать во внимание при планировании развитии новых урбанизированных территорий Москвы.

Ключевые слова: урбанизация, городские почвы, парки, антропогенная нагрузка, тяжелые металлы, устойчивое развитие

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

История статьи: поступила в редакцию 21 июля 2022 г., принята к публикации 15 августа 2022 г.

Финансирование. Благодарности. Исследования, включающие полевые работы и анализ химических и физических свойств почв, выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-34-90133). Анализ состояния зеленых насаждений и оценка загрязнения почв с использованием экспресс-методов выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 19-77-30012). Анализ и обработка данных, а также подготовка статьи были выполнены при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Для цитирования: Демина С.А., Васенев В.И., Махия К.И., Ромзайкина О.Н., Истомина И.И., Павлова М.Е., Довлетярова Э.А. Комплексный анализ почв и зеленых насаждений в парках Новой Москвы, образованных на месте бывших сельскохозяйственных территорий и леса // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 341—349. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349

Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow

Sofiya A. Demina  , Vyacheslav I. Vasenev ,
Ksenia I. Makhinya , Olga N. Romzaykina , Irina I. Istomina ,
Marina E. Pavlova , Elvira A. Dovletyarova 

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

 ibatulina_sa@pfur.ru

Abstract. Recreational areas contribute considerably to the establishment of sustainable and comfortable urban environment. Green stands and soils of recreational areas provide important environmental functions and ecosystem services, their utilization depends on natural and anthropogenic factors distinguished by land-use history. For the case of the recreational areas of New Moscow, a comparative analysis of trees ($n=1909$) and soils ($n=39$, 0—10 cm layer) of the parks, established on former forested and fallow lands, was performed. It was shown that the species diversity was higher although the tree condition score was lower in the forest-parks, compared to the parks established on former fallow lands, which were generally characterized by a higher level of maintenance. Soils of these parks had a neutral pH_{H_2O} (7.2 ± 0.8) and high content of organic matter ($8.5\pm 2.5\%$), whereas the forest-parks soils were similar to the natural Retisols of the forest area with pH_{H_2O} 6.4 ± 0.2 and 5.1 ± 0.2 , organic matter content 5.9 ± 0.2 и $3.5\pm 0.2\%$, respectively. Soils of the parks, established on the former fallow lands, had also a higher pollution level by particular heavy metals as well as considering the integral pollution index. Thus, a higher level of maintenance of the parks established on former fallow lands coincided with a higher anthropogenic pressure and ecosystem alteration. However, reorganization of forests into forest-parks allowed partial preservation of the natural ecosystems. That is necessary to consider for planning the new urbanized areas in Moscow.

Keywords: urbanization, urban soils, parks, anthropogenic pressure, heavy metals, sustainable development

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgements. The research, including field work and analysis of chemical and physical properties of soils, was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 19-34-90133). Assessment of green stands and soil pollution using express methods was supported by the Russian Science Foundation (project No. 19-77-30012). Data analysis and processing, and preparation of the article were supported by the RUDN Strategic Academic Leadership Program.

Article history: Received 21 June 2022. Accepted 15 August 2022

For citation: Demina SA, Vasenev VI, Makhinya KI, Romzaykina ON, Istomina II, Pavlova ME, Dovletyarova EA. Assessment of soils and green stands in the recreational areas with different land-use history in New Moscow. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):341–349. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-331-349

Введение

Зеленая инфраструктура — неотъемлемый компонент современного города, определяющий его экологическую устойчивость и качество жизни [1—3]. Городские зеленые насаждения обеспечивают наиболее важные экосистемные услуги: формирование микроклимата, депонирование углерода, поддержание водного баланса, очищение атмосферного воздуха, сохранение биоразнообразия [4, 5]. Генеральные планы и стратегии устойчивого развития городских территорий традиционно уделяют большое внимание рекреационным зонам [6, 7]. При этом рекреационные зоны могут заметно отличаться по размеру, форме, состоянию, растительности, почвам, выполняемым экологическим функциям и экосистемным сервисам [8—10]. Особенно заметны эти отличия становятся на новых урбанизированных территориях, где свойства и функции почв и зеленых насаждений рекреационных зоны определяются не только мероприятиями по благоустройству, содержанию и уходу, но и в значительной степени зависят от истории землепользования.

Город может развиваться по двум направлениям. Во-первых, может происходить расширение урбанизированной территории за счет преобразования сельскохозяйственных земель, во-вторых, могут создаваться более плотные застройки или увеличиваться площади запечатанных территорий в старых районах. Второй способ применяется в целях преобразования сельскохозяйственных земель, сокращения энергопотребления и уменьшения загрязнения [11]. Однако, данный путь развития городов имеет ряд возможных последствий, связанных с сохранением биоразнообразия и сложности оказания экосистемных услуг [12], а уменьшение зеленых зон может привести к негативным последствиям, связанным с уровнем и комфортом жизни человека и состоянием его здоровья [13].

Современная тенденция устойчивого развития городов и запрос на комфортную городскую среду приводит к появлению рекреационных зон с различной историей землепользования. Например, большую популярность приобретают, активно внедряются проекты реорганизации промышленных территорий в городские парки [8, 14, 15] и рекультивированных полигонов коммунальных отходов [16, 17]. В то же время, чаще всего в процессе урбанизации рекреационные зоны создаются на месте бывших сельско-

хозяйственных лесных территорий [18], при этом ожидаемые закономерности динамики состояния и свойств почв и зеленых насаждений заметно отличаются. Преобразование леса в рекреационную зону подразумевает сохранение основных растительных ассоциаций, хотя и может быть сопряжено со значительными изменениями: упрощением вертикальной структуры, интродукцией новых видов, созданием дорожно-тропиночной сети и малых архитектурных форм [19]. В таких рекреационных зонах преобладают естественные почвы, хотя повышенная антропогенная нагрузка, связанная с переуплотнением, загрязнением или засолением из-за применения противогололедных средств может привести к изменению отдельных свойств [20—22]. Создание рекреационной зоны на месте сельскохозяйственных, чаще всего, залежных земель, приводит к радикальной смене растительных сообществ, высадке новых зеленых насаждений, как правило, с доминированием интродуцированных видов [23], а также значительной долей рудеральных видов, особенно в случае недостаточного ухода [24]. Для таких рекреационных зон характерно преобладание антропогенных почв и почвенных конструкций, создаваемых при посадке декоративных растений, газонов и клумб. Их свойства и функции могут значительно отличаться от естественных почв [25—27].

Таким образом, история землепользования становится одним из основных факторов, влияющих на физико-химические и микробиологические почвенные свойства, а также состояние растительности рекреационных зон урбанизированных территорий, что особенно заметно для одного из крупнейших современных проектов урбанизации — Новой Москвы [28—33]. Разнообразие и структура растительного покрова являются важными элементом города для изучения, так как влияют на функции и свойства экосистемы [34—37].

Новая Москва является примером преобразования сельскохозяйственных и природных земель в городские районы, которое мы можем наблюдать. В структуре Московского мегаполиса Новая Москва позиционируется как наиболее зеленая территория с доминированием рекреационных зон. Новая Москва является ярким примером современного преобразования сельскохозяйственных и лесных земель, при этом более половины из них преобразованы в рекреационные зоны [32, 38]. Последствия таких преобразований для почв и зеленых насаждений пока остаются недостаточно изученными. Все это показывает важность такого фактора, как «история землепользования», который влияет на изменение городских территорий. Серьезные изменения данная территория претерпела за последние 40 лет. Самые сильные изменения произошли с естественными пастбищами и пахотные земли, которые потеряли 87 и 18 % своей площади соответственно, а лесные массивы уменьшили свою площадь на 9 % [32]. Однако не только жилыми комплексами стали заняты эти территории, за этот период в Москве (в современных границах) обустроено большое количество рекреационных зон, в основном образованных на месте леса, пашни и лугов, 53, 8 и 5 % соответственно. Остальные парковые зоны обустроивались на усадебных территориях или в зонах жилых застроек, которые уже существовали с 1981 г. и ранее.

Основываясь на вышесказанном, для дальнейшего изучения выбрали 2 типа землепользования (лесные насаждения и пашни), на которых сформированы рекреационные зоны.

Цель исследования — проанализировать влияние истории землепользования (лесные или сельскохозяйственные земли) на физико-химические свойства почвы и оценить состояние зеленых насаждений на примере четырех парков, расположенных на территории Новой Москвы.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования — это почвы и древесная растительность четырех парков на территории, присоединенной к Москве в 2012 г. для снижения нагрузки на транспортную систему и перераспределения потока людей [29]. Новая Москва (Троицкий и Новомосковский административные округа (ТиНАО)) расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины и занимает общую площадь более 1500 км² на юго-запад от Москвы в границах до 2012 г. (рис. 1). Климат на данной территории умеренно-континентальный, среднегодовая температура 4—5 °С, снежный покров обычно держится с конца декабря до середины апреля.

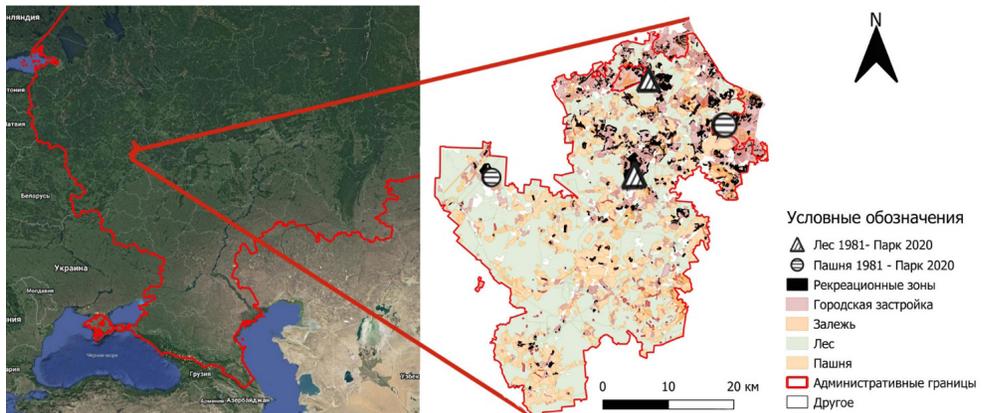


Рис. 1. Расположение объектов исследования в Новой Москве

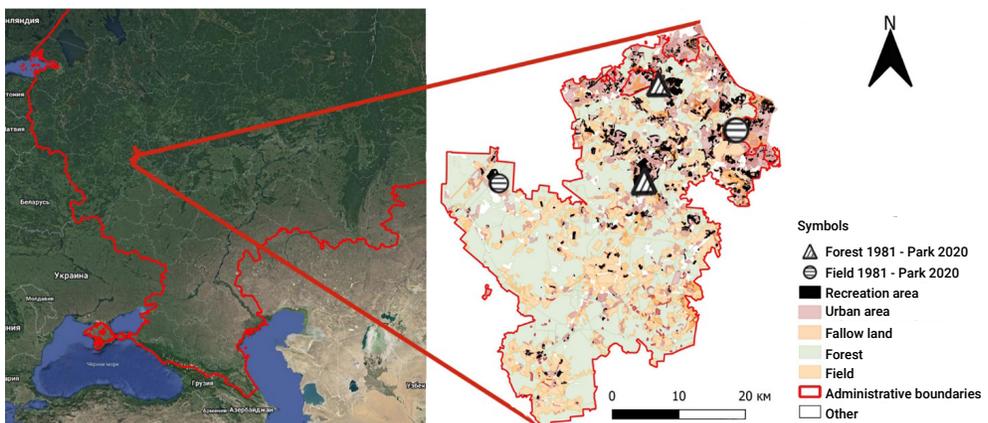


Fig. 1. Location of research objects in New Moscow

Растительный покров ТиНАО достаточно разнообразен и представляет собой как отдельные участки с сохранившимися естественными насаждениями (сосновые боры, хвойно-широколиственные леса, березово-осиновые мелколиственные леса, черно- и сероольшаники), так и искусственные насаждения, состоящие из пород, используемых в озеленении и ландшафтной архитектуре: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), различные виды ив (*Salix* sp.) и др. [39].

Присоединение территории Новой Москвы увеличило площадь Московского мегаполиса в два с половиной раза. В 2012—2020 гг. на территории Новой Москвы было построено более 12 млн м² жилой площади, а население увеличилось вдвое — с 250 тысяч до 554 тысяч человек¹, что привело к созданию комфортной городской среды и парков на новой территории.

Рекреационные зоны. Для комплексного анализа состояния почв и древесной растительности парков с различной историей землепользования выбрали четыре парка. При выборе учли историю их формирования (два парка образованы на лесной территории и два — на бывшей пашне) и удаленность от Москвы в границах до 2012 г. (табл. 1).

Таблица 1

Общая характеристика объектов исследования

Название парка (район)	Год основания/реконструкции	История землепользования	Функции	Площадь, га
Парк «Сосны», (п. Новofедоровское)	2013	Залежь	Спортивная, рекреационная, транзитная	15,1
Парк «Южное Бутово» (р-н Южное Бутово)	2018	Залежь	Спортивная, рекреационная, транзитная	18,6
Парк 3-го микрорайона Московского (п. Московский)	1935/2017	Лес	Рекреационная, транзитная коммунальная	16,8
ООПТ «Троицкая роща» (г. Троицк)	2008/2011	Лес	Рекреационная, транзитная, защитная	15,0

Table 1

General characteristics of the research objects

Name of park (district)	Year of foundation / reconstruction	History of land use	Functions	Area, ha
'Sosny' Park (Novofedorovskoye village)	2013	Fallow land	Sports, recreational, transit	15.1
'South Butovo' Park (South Butovo district)	2018	Fallow land	Sports, recreational, transit	18.6

¹ Численность населения Новой Москвы превысила 550 тысяч человек // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. Режим доступа: https://stroimsk.ru/press_releases/chisliennost-naseliennii-novoi-moskvy-prievysila-550-tysiach-chieloviek?from=cl Дата обращения: 20.03.2022.

Name of park (district)	Year of foundation / reconstruction	History of land use	Functions	Area, ha
Park of the 3rd microdistrict of Moskovsky (Moskovsky settlement)	1935/2017	Forest	Recreational, transit, communal	16.8
PA 'Troitskaya Grove' (Troitsk)	2008/2011	Forest	Recreational, transit, protective	15.0

Парк 3-го микрорайона Московского входит в состав Валуевского лесопарка. В парке преобладают широколиственные растительные ассоциации (липняки, дубравы), встречаются ельники и сероольшаники. В растительном покрове парка «Троицкая роща» осиново-березовый мелколистственный лес с участием дуба чередуется с посадками ели. Территория представляет собой лесной массив, защищающий жителей Центральной улицы г. Троицк от шума Калужского шоссе. Парк «Южное Бутово» создан на территории, где ранее находились сельскохозяйственные угодья села Чернево и деревни Гавриково. В процессе создания парка было высажено более 2 тысяч деревьев и более 25,5 тысяч кустарников с преобладанием декоративных видов и форм. Значительную площадь занимают газоны и клумбы. Парк «Сосны» также создан на территории старопахотных земель и окружен старым сосново-еловым лесом с включениями лиственных видов, в основном березы, осины и рябины.

Оценка состояния древесных насаждений. В каждом парке было заложено по 9—10 пробных площадок площадью около 0,13 га (деревья изучались вокруг точек отбора почвенных образцов в радиусе 20 м вокруг). На исследовательских площадках определяли биологический возраст (онтогенез) и проводили оценку жизненного состояния по стандартным методикам [40, 41]. Жизненное состояние определялось в соответствии с биологическим возрастом дерева. Для подростка и взрослых деревьев выделяли следующие категории: имматурные (полузрелые) особи (im), виргинильные (взрослые вегетативные) растения (v), молодые генеративные особи (g1), средневозрастные (зрелые) генеративные деревья (g2) и старые генеративные особи (g3) [41]. Проростки и ювенильные растения не рассматривались.

Для оценки жизненного состояния деревьев применялась 6-балльная шкала В.А. Алексеева (1989), основанная на визуальной фиксации состояния кроны (степень усыхания ветвей, облиственность кроны, трещиноватость коры и пр.). Выделялись следующие балльные категории состояния: 1 — здоровое дерево; 2 — поврежденное (ослабленное) дерево; 3 — сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево; 4 — отмирающее дерево; 5 — свежий сухостой (деревья, погибшие менее года назад, иногда с сухой листвой или хвоей); 6 — сухостой прошлых лет (деревья, погибшие год и более лет назад, теряющие остатки ветвей и кору) [41]².

Изучение состояния почв. Для каждого парка в 9—10 точках проводили бурение почвенным буром для суглинистой почвы (Eijkelkamp, Нидерланды) до глубины 50 см (в отдельных точках — до 100 см) для описания профиля. В каждой точке методом конверта отбирался смешанный образец для определения физико-хими-

² Постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 года № 743-ПП «Об утверждении правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений и природных сообществ города Москвы» (ред. от 25.11.2019) // Деп. природ. и охр. окр. среды г. Москвы. Режим доступа: <https://www.mos.ru/eco/documents/control-activity/view/62960220/> Дата обращения: 21.03.2022.

ческих свойств почв рекреационных зон (рис. 2). В качестве фоновых объектов были изучены лесные и залежные участки, расположенные вблизи парков с соответствующей историей землепользования.

Анализ физико-химических свойств почвы. Плотность почвы была рассчитана весовым методом как масса единицы объема почвы, высушенной при 105 °С³. Кислотность водной суспензии 1: 2.5 (рН_{Н2О}) определяли с помощью рН-метра («Эконикс», Москва, Россия) по ГОСТ 26423—85. Валовое содержание тяжелых металлов определяли с использованием портативного рентген-флуоресцентного анализатора (РФА) Vanta C (Olympus, США) — метод, основанный на регистрации и последующем анализе спектра, полученного при облучении исследуемого образца рентгеновским излучением [42]. Для каждого образца измерения производили в трех повторностях, время экспозиции — 120 секунд.

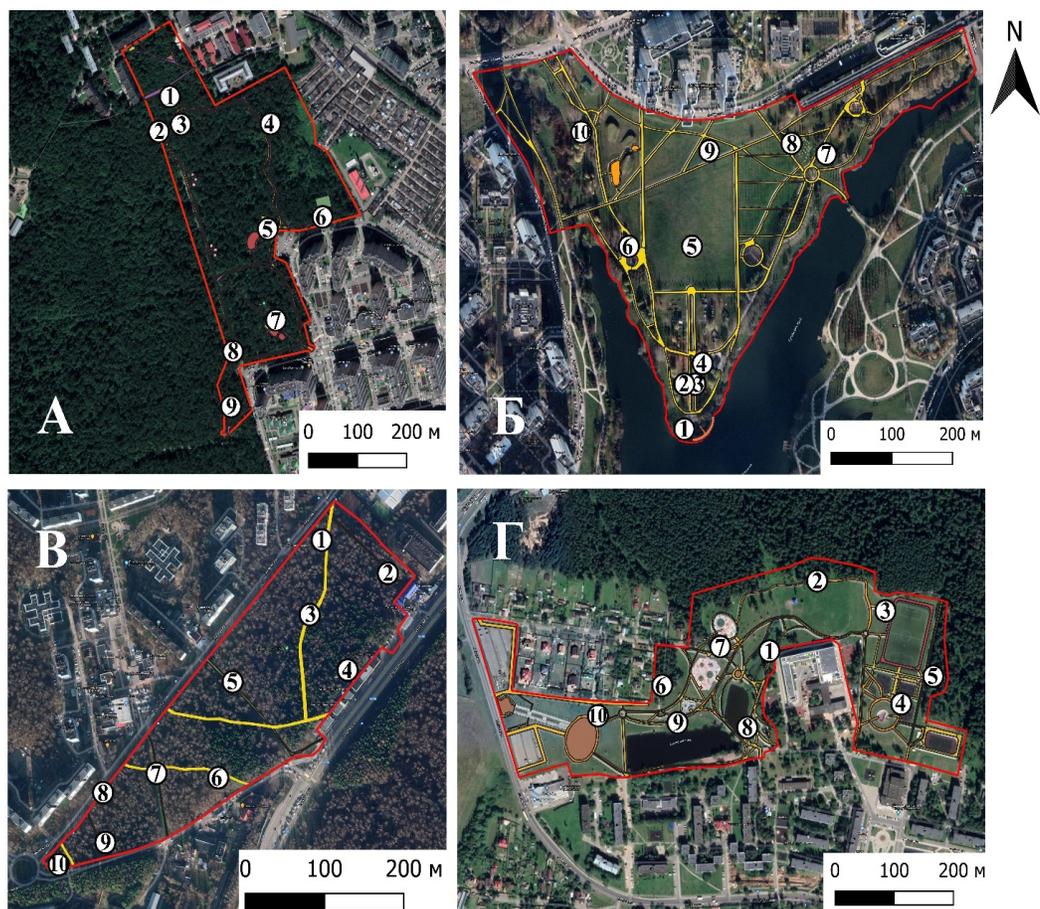


Рис. 2. Схема отбора почвенных проб в структуре рекреационных зон: парк 3-го микрорайона Московского (А); парк Южное Бутово (Б); Троицкая роща (В); парк «Сосны» (Г)

Fig. 2. Scheme of soil sampling in the structure of recreational zones: park of the 3rd microdistrict of Moskovsky (A); 'South Butovo' Park (Б); 'Troitskaya Grove' (В); 'Sosny' Park (Г)

³ Guidelines for soil description // Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 2006. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/a0541e/a0541e.pdf> Дата обращения: 21.03.2022.

Для оценки комплексного загрязнения почвы тяжелыми металлами рассчитывали суммарный индекс загрязнения почвы Z_c по формуле

$$Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1), \quad (1)$$

где n — число определяемых суммируемых веществ; K_{ci} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Данные по результатам анализа свойств почв и состояния деревьев обрабатывались с использованием инструментов описательной статистики. Значимость различия показателей между парками проверяли с использованием однофакторного дисперсионного анализа, а различия для парков с разной историей землепользования определялись по t -критерию Стьюдента для независимых групп. Зависимость между свойствами почв и параметрами состояния зеленых насаждения изучали с использованием регрессионного анализа. Статистическую обработку и анализ данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 [43].

Результаты исследования и обсуждение

Состояние древесных насаждений. Парки с различной историей землепользования заметно отличались как по видовому разнообразию, так и по состоянию зеленых насаждений. Для лесопарка «Троицкая роща» показано наиболее высокое разнообразие — 21 вид древесных растений в сравнении с 11—13 для других парков. Древесные насаждения лесопарков похожи по видовому составу, преобладающая порода в них — клен платановидный (*Acer platanoides*), который растет во втором ярусе. В парке «Сосны» доминирующей породой является Ель обыкновенная (*Picea abies*), а в парке «Южное Бутово» — Ива ломкая (*Salix fragilis*).

При том что общая площадь древесных насаждений и их видовое разнообразие было выше в лесопарках, состояние зеленых насаждений было лучше в парках, созданных на месте залежей. Так наиболее ослаблены были деревья в Троицкой роще; средний балл в парке 3-го микрорайона Московского также был выше, чем в парках «Сосны» и «Южное Бутово» (рис. 3).

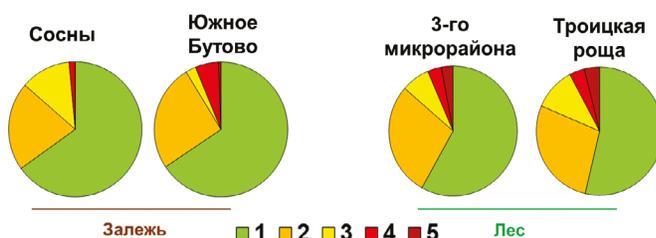


Рис. 3. Распределение древесных насаждений по баллу состояния

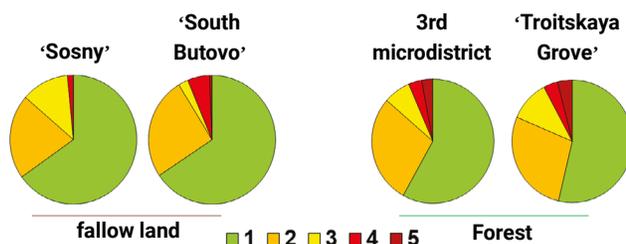


Fig. 3. Distribution of tree plantations by state score

Средний балл для пробных площадок внутри парков варьировал от 1,0 до 2,3 в Соснах, от 1,0 до 2,2 в Южном Бутово, от 1,3 до 2,1 в парке 3-го микрорайона Московского и от 1,5 до 2,4 в Троицкой роще, что подтверждает выявленную закономерность. Как правило, внутренняя неоднородность состояния зеленых насаждений объясняется зонированием парка и степенью антропогенной нагрузки. Так, самые низкие значения характерны для участков, расположенных близко к дороге (площадка № 10, парк «Южное Бутово») или парковке (площадка № 5, парк 3-го микрорайона Московского) (табл. 2).

Таблица 2

Состояние древесной растительности на площадках

Название парка	№ площадки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сосны	1,3	1,7	1	1,6	1,1	1,4	2,3	1	–	1
Южное Бутово	1,6	1,2	1,1	1	–	1,2	1,5	1,3	–	2,2
Парк 3-го микрорайона Московского	1,7	1,4	1,8	1,7	2,1	1,8	1,9	1,7	1,3	–
Троицкая роща	1,6	1,5	1,8	2,0	1,5	1,7	1,7	1,8	1,8	2,4

Table 2

State of woody vegetation on the sites

Park	Site									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
'Sosny'	1.3	1.7	1	1.6	1.1	1.4	2.3	1	–	1
'South Butovo'	1.6	1.2	1.1	1	–	1.2	1.5	1.3	–	2.2
Park of the 3rd microdistrict of Moskovsky	1.7	1.4	1.8	1.7	2.1	1.8	1.9	1.7	1.3	–
'Troitskaya Grove'	1.6	1.5	1.8	2.0	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	2.4

По-видимому, лучшее состояние деревьев в парках, созданных на месте залежей, в сравнении с лесопарками объясняется как меньшей сомкнутостью и конкуренций за ресурсы, так и качеством посадочного материала [44]. Косвенно это подтверждается анализом возрастного состава деревьев. Например, в парке «Южное Бутово» преобладают молодые генеративные растения, а иматурные растения в пределах

изученных территорий отсутствуют (рис. 4), поскольку для задач озеленения и благоустройства новых рекреационных зон используют посадочный материал, соответствующий виргинильному или молодому генеративному возрастным состояниям [45]. В лесопарках возрастные категории более выравнены, так как посадки имеют единичный характер, а естественная растительность представляет все этапы естественного жизненного цикла [46]. Для парка «Сосны» показан необычно высокий процент старых генеративных растений. Предположительно, это связано с тем, что часть парка прилегает к старому лесному массиву, деревья которого были включены в отдельные экспериментальные площадки (рис. 4).

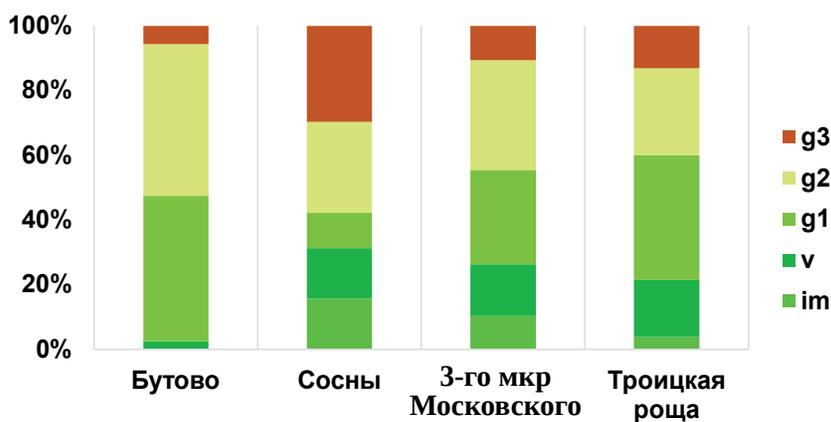


Рис. 4. Распределение деревьев по возрастным группам

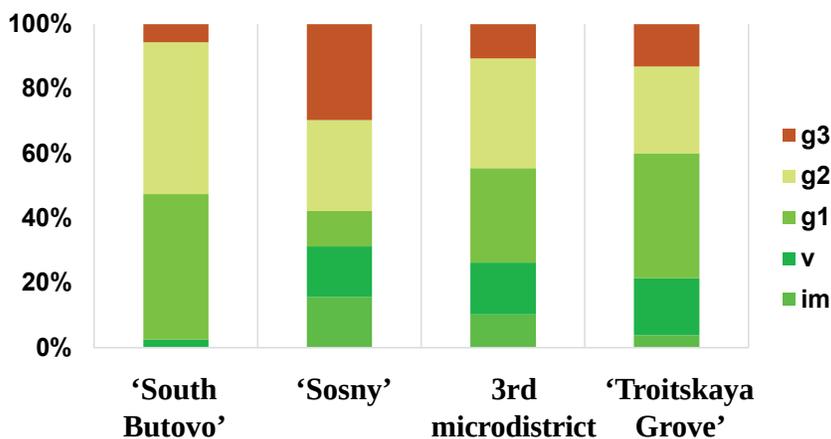


Fig. 4. Distribution of trees by age groups

Анализ свойств почв. Результаты полевого описания почв парков также позволяют выделить характерные признаки, отличающиеся в зависимости от истории землепользования. В лесопарках преобладают естественные дерново-слабо

и среднеподзолистые почвы, иногда с признаками оглеения в нижних горизонтах. Признаки антропогенного воздействия заметны только в верхних горизонтах — для них характерны изменение окраски на более темную, появление включений кирпича, стекла, угля, строительного и бытового мусора. Наиболее заметно антропогенное воздействие проявляется на участках, где для создания газонов формировался насыпной горизонт RAT [47, 21], однако таких участков в лесопарках практически не встречается. В парках, созданных на месте залежей, наоборот, газоны занимают значительную часть площади (до 80 %). Кроме формирования одного или нескольких насыпных горизонтов в профиле почв можно отметить и характерные признаки агрогенных изменений, таких как ровная граница старопашотного горизонта. Подстилающие иллювиальные горизонты в меньшей степени подвержены воздействию землепользования [48], и несмотря на высокую неоднородность по цвету, гранулометрическому составу и наличию включений, характерных отличий между парками на месте залежей и лесопарками для них выявлено не было.

По химическим свойствам отличия почв парков с разной историей землепользования были еще более заметны. Реакция среды в почвах парков, образованных на месте залежей, была в среднем на 0,5...0,7 выше, чем для парков, образованных на месте леса. Общее увеличение pH_{H_2O} от фоновой лесной территории к парку «Южное Бутово» (рис. 5А) иллюстрирует известную закономерность подщелачивания городских почв, показанную в т.ч. для почв Новой Москвы [32] и связанную с регулярным поступлением известь-содержащей пыли от строительства и транспорта [20, 49]. Другой причиной повышения pH_{H_2O} может быть мелиорация и известкование почв сельскохозяйственного назначения, неоднократно проводившиеся на территории современного ТиНАО [50, 51]. Содержание $C_{орг}$ также было значимо (t-критерий, $p < 0,05$) выше для парков на месте залежей. В данном случае основным фактором, по-видимому, является привнос органических субстратов при создании газонов и проведении других работ по озеленению и благоустройству [52, 53], так как фоновые почвы залежей содержали меньше $C_{орг}$ в сравнении с лесными почвами (рис. 5Б). При этом в результате работ по озеленению и благоустройству заметно увеличивалась и пространственная неоднородность содержания $C_{орг}$ — коэффициент вариации (CV%) в парке «Южное Бутово» достигал 80 %, в то время как для фоновых территорий от не превышал 10 %. Высокая пространственная неоднородность — одна из типичных характеристик городских почв, связанная с различным (частно, контрастным) типом функционального использования и антропогенной нагрузкой [54, 55]. Плотность почв не превышала $1,0 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ с минимальными значениями $0,8 \pm 0,1$ для парка 3-го микрорайона и фонового лесного участка. Таким образом, создание рекреационных зон привело к смещению реакции среды в сторону нейтральной и увеличению содержания органического углерода, что соответствует результатам исследований почв реконструированных парков в Москве [27] и Сеуле [34], Люблине [56] и Тель-Авиве [57]. При этом для более измененных и благоустроенных парков на месте залежи выявленное воздействие проявлялось в большей степени.

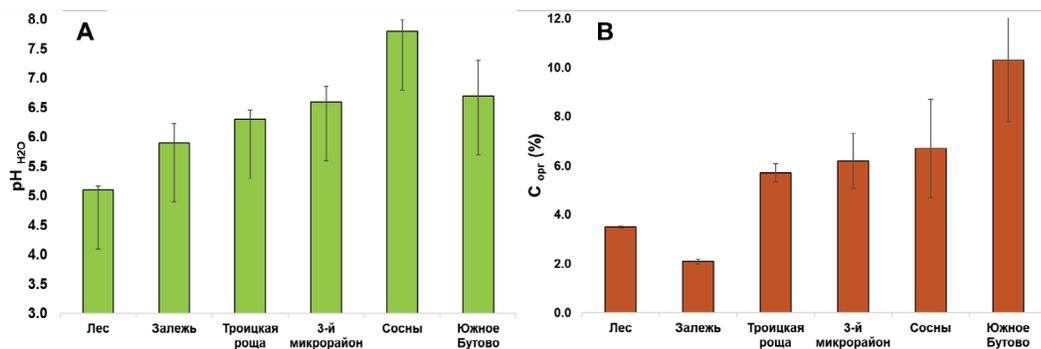


Рис. 5. Свойства почв парков в сравнении с лесом и залежью

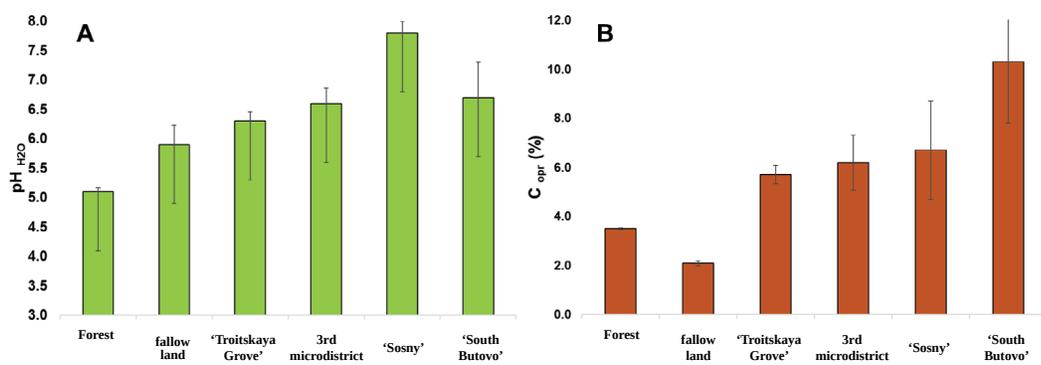


Fig. 5. Soil properties of parks in comparison with forest and fallow land

Загрязнение почв тяжелыми металлами — одна из наиболее распространенных проблем городской экологии [58—60]. Как правило, рекреационные зоны в меньшей степени подвержены загрязнению, чем промышленные или селитебные зоны, но и для них концентрации тяжелых металлов могут превышать нормативные значения, как это, например, было показано для некоторых парков Пекина [61], Белграда [62], Нью-Йорка [63] и Москвы [22]. В изученных парках Новой Москвы отмечены отдельные превышения ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) по никелю, цинку, мышьяку и кадмию. В парке «Сосны» для половины точек показаны превышения по всем четырем металлам, в парке «Южное Бутово» — содержание мышьяка и кадмия превышали ОДК в 80 % случаев. Повышенное содержание тяжелых металлов выявлено и в парках, образованных на месте леса, но, как правило, незначительное. Для фоновых залежных и лесных участков превышение зафиксировано только в 10 % случаев. По интегральному показателю загрязнения Z_c фоновые почвы относятся к низкому уровню загрязнения ($Z_c < 12$), а парки — к среднему и высокому. Загрязнение почв Новой Москвы тяжелыми металлами ранее отмечалось в отдельных публикациях [64, 65], однако полученные высокие значения для кадмия и мышьяка могут также быть связаны с методом исследования, основанным на применении портативного рентген-флуоресцентного анализатора. Данный метод считается полуколичественным и в за-

висимости от условий измерения (влажность почвы, содержание органического вещества, гомогенизация образца) абсолютные значения могут как занижаться, так и завышаться [66—68].

Заключение

Рекреационные зоны играют определяющую роль в устойчивом развитии современных городов. Зеленые насаждения и почвы рекреационных зон обеспечивают важные экосистемные услуги, направленные на формирование экологически устойчивой и комфортной среды. Анализ состояния зеленых насаждений и почв парков Новой Москвы — наиболее «зеленого», но стремительно урбанизируемого округа Московского мегаполиса, — показал разные пути развития рекреационных зон в зависимости от истории землепользования. Лесопарки, сформированные на месте бывших лесных угодий, отличались более высоким видовым разнообразием, но худшим состоянием древесных насаждений в сравнении с более благоустроенными парками, созданными на месте залежей. Почвы лесопарков более кислые и содержат меньше органического вещества, при этом в меньшей степени загрязнены тяжелыми металлами. Таким образом, более высокий уровень благоустройства парков на месте залежных земель скорее способствует созданию новых урбанизированных экосистем, в то время как реорганизация лесов в лесопарки позволяет частично сохранить естественные экосистемы, устойчивость которых выше. По-видимому, поиск компромисса между интенсивным благоустройством и сохранением природного каркаса и станет основным вызовом, который определит внешний облик и экологическое состояние зеленых насаждений и почв Новой Москвы.

Библиографический список/ References

1. Klimanova OA, Kolbovsky EY, Illarionova OA. The ecological framework of Russian major cities: spatial structure, territorial planning and main problems of development. *Vestnik of Saint Petersburg university. Earth sciences*. 2018; 63(2):127—146. (In Russ.). doi: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
- Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. № 63 (2). С. 127—146. doi: 10.21638/11701/spbu07.2018.201
2. Andersson E, Barthel S, Borgstro S, Colding J, Elmqvist T, Folke C, et al. Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. *AMBIO*. 2014; 43(4):445—453. doi: 10.1007/s13280-014-0506-y
3. Liu OY, Russo A. Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 68:102772. doi:10.1016/j.scs.2021.102772
4. Manuel B, Méndez-Fernández L, Peña L, Ametzaga-Arregi I. A new indicator of the effectiveness of urban green infrastructure based on ecosystem services assessment. *Basic and Applied Ecology*. 2021; 53:12—25. doi: 10.1016/j.baae.2021.02.012
5. Zhang S, Muñoz Ramírez F. Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain. *Cities*. 2019; 92:59—70. doi: 10.1016/j.cities.2019.03.016
6. Bush J, Ashley G, Foster B, Hall G. Integrating green infrastructure into urban planning: Developing Melbourne's green factor tool. *Urban Planning*. 2021; 6(1):20—31. doi: 10.17645/up.v6i1.3515
7. Davies C, Laforteza R. Urban green infrastructure in Europe: Is greenspace planning and policy compliant? *Land Use Policy*. 2017; 69:93—101. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.08.018

8. Bell S, Montarzino A, Travlou P. Mapping research priorities for green and public urban space in the UK. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2007; 6(2):103–115. doi: 10.1016/j.ufug.2007.03.005
9. Klimanova OA, Illarionova OI. Green infrastructure indicators for urban planning: Applying the integrated approach for russian largest cities. *Geography, Environment, Sustainability*. 2020; 13(1)251–259. doi: 10.24057/2071-9388-2019-123
10. Klimanova O, Kolbowski E, Illarionova O. Impacts of urbanization on green infrastructure ecosystem services: the case study of post-soviet Moscow. *Belgeo*. 2018; (4). doi: 10.4000/belgeo.30889
12. Tratalos J, Fuller R, Warren P, Davies R, Gaston K. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*. 2007; 83(4):308–317. doi: 10.1016/j.landurbplan.2007.05.003
13. Dye C. Health and urban living. *Science*. 2008; 319(5864):766–769. doi: 10.1126/science.1150198
14. Pytel S, Sitek S, Chmielewska M, Zuzañska-Żyśko E, Runge A, Markiewicz-Patkowska J. Transformation directions of brownfields: The case of the górnośląsko-zagłębiowska metropolis. *Sustainability (Switzerland)*. 2021; 13(4)2075. doi: 10.3390/su13042075
15. Rodina E, Filatov V, Zaitseva N, Larionova A, Makarova L, Berezniakovskii V, et al. Revitalization of depressed industrial areas based on ecological industrial parks. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2018; 13(1): em88.
16. Artuso A, Cossu E, He L, She Q. Rehabilitation of landfills. New functions and new shapes for the landfill of Guiyang, China. *Detritus*. 2020; 11:57–67. doi: 10.31025/2611-4135/2020.13971
17. Długoński A, Dushkova D. The hidden potential of informal urban greenspace: An example of two former landfills in post-socialist cities (Central Poland). *Sustainability (Switzerland)*. 2021;13(7):3691. doi: 10.3390/su13073691
18. Bae J, Ryu Y. Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning*. 2015; 136:57–67. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.015
19. Kuznetsov VA, Ryzhova IM, Stoma GV. Transformation of forest ecosystems in Moscow megapolis under recreational impacts. *Eurasian Soil Science*. 2019; (5):633–642. (In Russ.). doi:10.1134/S 0032180X1905006X
Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633–642. doi: 10.1134/S 0032180X1905006X
20. Kuznetsov VA, Ryzhova IM, Stoma GV. Changes in the properties of soils of Moscow forest parks under the impact of high recreation loads. *Eurasian Soil Science*. 2017; (10):1270–1280. (In Russ.). doi:10.7868/S 0032180X17100057
Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки, «Почвоведение» // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270–1280. doi: 10.7868/S 0032180X17100057
21. Prokofieva TV, Poputnikov VO. Anthropogenic transformation of soils in the Pokrovskoye-Streshnevo park (Moscow) and adjacent residential areas. *Eurasian Soil Science*. 2010; (6):748–758. (In Russ.).
Прокофьева Т.В., Попутников В.О. Антропогенная трансформация почв парка Покровское-Стрешнево (г. Москва) и прилегающих жилых кварталов // Почвоведение. 2010. № 6. С. 748–758.
22. Romzaykina O, Vasenev V, Paltseva A, Kuzyakov Y, Neaman A, Dovletyarova E. Assessing and mapping urban soils as geochemical barriers for contamination by heavy metal(loid)s in Moscow megapolis. *Journal of Environmental Quality*. 2021; 50(1):22–37. doi: 10.1002/jeq2.20142
23. Lemoine-Rodríguez R, MacGregor-Fors I, Muñoz-Robles C. Six decades of urban green change in a neotropical city: a case study of Xalapa, Veracruz, Mexico. *Urban Ecosystems*. 2019; 22(3):609–618. doi: 10.1007/s11252-019-00839-9
24. Czortek P, Pielech R. Surrounding landscape influences functional diversity of plant species in urban parks. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2020; 47:126525. doi: 10.1016/j.ufug.2019.126525
25. Smagin AV. Dynamics of chernozems: reconstruction of development and forecast of agro-degradation. *Agrochemistry and ecology problems*. 2012; (3):31–39. (In Russ.).
Смагин А.В. Динамика черноземов: реконструкция развития и прогноз агродеградации // Проблемы экологии и агрохимии. 2012. № 3. С. 31–39.
26. Deeb M, Groffman PM, Blouin M, Egendorf SP, Vergnes A, Vasenev V, et al. Using constructed soils for green infrastructure — challenges and limitations. *SOIL*. 2020; 6(2)413–434. doi: 10.5194/soil-6-413-2020
27. Romzaykina ON, Vasenev VI, Khakimova RR, Hajiaghayeva R, Stoorvogel JJ, Dovletyarova EA. Spatial variability of soil properties in the urban park before and after reconstruction. *Soil and Environment*. 2017; 36(2):155–165. doi: 10.25252/se/17/51219

28. Tetior AN. Greater «New Moscow»: city development. *Sciences of Europe*. 2020; (47—1): 56—63. (In Russ.).
- Тетиор А.Н. Большая Москва «Новая Москва»: Развитие города // *Sciences of Europe*. 2020. № 47. С. 56–63.
29. Argenbright R. Moscow on the rise: From primate city to megaregion. *Geographical Review*. 2013; 103(1):20—36. doi: 10.1111/j.1931-0846.2013.00184.x
30. Argenbright R. The evolution of New Moscow: from panacea to polycentricity. *Eurasian Geography and Economics*. 2018; 59(3—4):408—435. doi: 10.1080/15387216.2019.1573693
31. Argenbright R, Bitukova VR, Kirillov PL, Makhrova AG, Makhrova AG, Nefedova TG. Directed suburbanization in a changing context: «New Moscow» today. *Eurasian Geography and Economics*. 2020; 61(3):211—239. doi: 10.1080/15387216.2019.1707700
32. Demina S, Vasenev V, Ivashchenko K, Ananyeva N, Plyushchikov V, Hajiaghayeva R, et al. Microbial properties of urban soils with different land-use history in New Moscow. *Soil Science*. 2018; 183(4):132—140. doi: 10.1097/SS.0000000000000240
33. Schulp CJE, Verburg PH. Effect of land use history and site factors on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009; 133(1—2):86—97. doi: 10.1016/j.agee.2009.05.005
34. Bae J, Ryu Y. Land use and land cover changes explain spatial and temporal variations of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park. *Landscape and Urban Planning*. 2015; 136:57—67. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.015
35. Ermakov V, Perelomov L, Khushvaktova S, Tyutikov S, Danilova V, Safonov V. Biogeochemical assessment of the urban area in Moscow. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017; 189(12):641. doi: 10.1007/s10661-017-6363-y
36. Dobrovolsky GV, Nikitin ED. *Funktsii pochv v biosfere i eko-sistemakh (ekologicheskoe znachenie pochv)* [Functions of soils in the biosphere and eco-systems (ecological significance of soils)]. Moscow: Nauka publ.; 1990. (In Russ.).
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
37. Doran JW. Soil health and global sustainability: Translating science into practice. 2002;88(2):119—127. doi: 10.1016/S0167-8809(01)00246-8
38. Vasenev VI, Cheng Z, Dovletyarova EA, Morel JL, Prokofeva TV, Hajiaghayeva RA, et al. SUITMA 9: Urbanization as a challenge and an opportunity for soils functions and ecosystem services. In: *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services. SUITMA 2017. Springer Geography*. 2019. Cham: Springer; 2019. p.1—3. doi: 10.1007/978-3-319-89602-1_1
39. Kiseleva V, Stonozhenko L, Korotkov S. The dynamics of forest species composition in the Eastern Moscow Region. *Folia Forestalia Polonica, Series A*. 2020; 62(2):53—67. doi: 10.2478/ffp-2020-0007
40. Chistyakova AA, Zaugolnova LB, Poltinkina IV, Kutina IS, Lashchinsky NN. *Diagnozy i klyuchi vozrastnykh sostoyanii lesnykh rastenii. Derev'ya i kustarniki* [Diagnoses and keys of the age conditions of forest plants. Trees and shrubs]. Moscow: Prometei publ.; 1989. (In Russ.).
- Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтинкина И.В., Кутьина И.С., Лащинский Н.Н. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей. М.: Прометей, 1989. 106 с.
41. Alekseev VA. Diagnostics of the vital state of trees and tree stands. *Russian Journal of Forest Science*. 1989; (4):51—57. (In Russ.).
- Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение*. 1989. № 4. С. 51—57.
42. Ravansari R, Wilson SC, Tighe M. Portable X-ray fluorescence for environmental assessment of soils: Not just a point and shoot method. *Environment International*. 2020; 134:105250. doi: 10.1016/j.envint.2019.105250
43. Papa I, Pentek T, Janeš D, Šerić T, Vusić D, Đuka A. Usporedba podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere pri rekonstrukciji šumske ceste. *Nova Mehanizacija Sumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*. 2017; 38(1):1—14.
44. Hwang YH, See SC, Patil MA. Short-term vegetation changes in tropical urban parks: Patterns and design-management implications. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2021; 64:127240. doi: 10.1016/j.ufug.2021.127240
45. Meerow S, Newell JP. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*. 2017; 159:62—75. doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.10.005

46. Rudl A, Machar I, Uradnicek L, Praus L, Pechanec V. Young urban trees as important structures in the cultural heritage of cities—A case study from Prague. *Environmental and Socio-Economic Studies*. 2019; 7(3):14—23. doi: 10.2478/environ-2019-0014
47. Prokofieva TV, Gerasimova MI, Bezuglova OS, Bakhmatova KA, Golyeva AA, Gorbov SN, et al. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. 2014;(10):1155—1164. (In Russ.). doi: 10.7868/S 0032180X14100104
- Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. P. 1155—1164. doi: 10.7868/S 0032180X14100104
48. Little D, Farrell E, Collins J. Land-use legacies and soil development in semi-natural ecosystems in the marginal uplands of Ireland. *Catena*. 1997; 30(1):83—98. doi: 10.1016/s0341-8162(97)00003-9
49. Setälä H, Francini G, Allen J, Hui N, Jumpponen A, Kotze D. Vegetation type and age drive changes in soil properties, nitrogen, and carbon sequestration in urban parks under cold climate. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2016; (4):93. doi: 10.3389/fevo.2016.00093
50. Shishov LL, Simakova MS, Tonkonogov VD, Chizhikova NP, Kuznetsova IV. *Pochvy moskovskoi oblasti i ikh ispol'zovanie* [Soils of the Moscow region and their use]. Moscow; 2002.
- Шишов Л.Л., Симакова М.С., Тонконогов В.Д., Чижикова Н.П., Кузнецова И.В. Почвы московской области и их использование. 2002. 500 с. (In Russ.).
51. Qi L, Zhou P, Yang L, Gao M. Effects of land reclamation on the physical, chemical, and microbial quantity and enzyme activity properties of degraded agricultural soils. *Journal of Soils and Sediments*. 2020; 20(2):973—981. doi: 10.1007/s11368-019-02432-1
52. Brianskaia IP, Vasenev VI, Brykova RA, Markelova VN, Ushakova NV, Gosse DD, et al. Analysis of volume and properties of imported soils for prediction of carbon stocks in soil constructions in the Moscow metropolis. *Eurasian Soil Science*. 2020; (12):1537—1549. (In Russ.). doi: 10.31857/S 0032180X20120047
- Брянская И.П., Васенев В.И., Брыкова Р.А., Маркелова В.Н., Ушакова Н.В., Госсе Д.Д., Гавриленко Е.В., Благодатская Е.В. Анализ ввозимых почвогрунтов для прогнозирования запасов углерода в почвенных конструкциях Московского мегаполиса // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1537—1549. doi: 10.31857/S 0032180X20120047
53. Edmondson J, O'Sullivan O, Inger R, Potter J, McHugh N, Gaston K, et al. Urban tree effects on soil organic carbon. *PLoS ONE*. 2014; (7): e101872. doi: 10.1371/journal.pone.0101872
54. Vasenev V, Stoorvogel J, Vasenev I, Valentini R. How to map soil organic carbon stocks in highly urbanized regions? *Geoderma*. 2014; 226—227:103—115. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.03.007
55. Vasenev VI, Stoorvogel JJ, Vasenev II. Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in the Moscow region. *Catena*. 2013; 107:96—102. doi: 10.1016/j.catena.2013.02.009
56. Kawecka-Radomska M, Tomczyńska-Mleko M, Kamińska A, Wesołowska-Trojanowska M, Kwiatkowski C, Sołowiej B, et al. Biochemical changes in the recreational areas soil caused by the intensity of use. *Environmental Earth Sciences*. 2016; 75:150. doi: 10.1007/s12665-015-5004-4
57. Sarah P, Zhevelev HM, Oz A. Urban park soil and vegetation: effects of natural and anthropogenic factors. *Pedosphere*. 2015; 25(3):392—404. doi: 10.1016/S 1002-0160(15)30007-2
58. Vodyanitskii YN. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (Analytic review). *Eurasian Soil Science*. 2013; (7):872—881. (In Russ.). doi: 10.7868/S 0032180X13050171
- Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872—881.
59. Guo B, Su Y, Pei L, Wang X, Zhang B, Zhang D, et al. Ecological risk evaluation and source apportionment of heavy metals in park playgrounds: a case study in Xi'an, Shaanxi Province, a northwest city of China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27:24400—24412. doi: 10.1007/s11356-020-08744-x
60. Zhao L, Yan Y, Yu R, Hu G, Cheng Y, Huang H. Source apportionment and health risks of the bioavailable and residual fractions of heavy metals in the park soils in a coastal city of China using a receptor model combined with Pb isotopes. *Catena*. 2020; 194:104736. doi: 10.1016/j.catena.2020.104736
61. Chen T, Zheng Y, Lei M, Huang Z, Wu H, Chen H, et al. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*. 2005; 60(4):542—552. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.12.072

62. Kuzmanoski M, Todorovic M, Anicic-Urosevic M, Rajsic S. Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade. *Hemijaska industrija*. 2014; 68(5):643–651. doi: 10.2298/HEMIND 131105001K
63. Khandker EH, Friedman GM. Geochemical study of trace metals in soils of New York City Parks. *Northeastern Geology and Environmental Sciences*. 2000; 22(1):50–88.
64. Bogdanov NA. Ecological and hygienic condition urbanized area in the geographical center of New Moscow. *Gigiena i sanitariia*. 2015; 94(1):51–57.
65. Makhinya K, Demina S, Pavlova M, Istomina I, Terekhin A. The influence of soil quality on trees' health in urban forest. In: *Advanced Technologies for Sustainable Development of Urban Green Infrastructure. SSC 2020. Springer Geography*. Cham: Springer; 2021. p.9–20. doi: 10.1007/978-3-030-75285-9_2
66. Eriksson K. Trace element analysis of toxic heavy metals in soils and contaminated land. *Nordic Steel and Mining Review*. 2007; (3):116–117.
67. Krishna A, Mohan K, Murthy N, Govil P. Comparative study of X-ray fluorescence and inductively coupled plasma optical emission spectrometry of heavy metals in the analysis of soil samples. *Atomic Spectroscopy*. 2008; 29(3):83–89.
68. Rouillon M, Taylor MP. Can field portable X-ray fluorescence (pXRF) produce high quality data for application in environmental contamination research? *Environmental Pollution*. 2016; 214:255–264. doi: 10.1016/j.envpol.2016.03.055

Об авторах:

Демина Софья Альфредовна — ассистент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: ibatulina_sa@pfur.ru

ORCID: 0000-0003-2259-0251

Васнев Вячеслав Иванович — кандидат биологических наук, PhD, доцент, департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: vasenev_vi@pfur.ru

ORCID: 0000-0003-0286-3021

Махinya Ксения Игоревна — лаборант департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: makhinya-ki@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-4850-510X

Ромзайкина Ольга Николаевна — кандидат биологических наук, ассистент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: romzaykina-on@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-8516-2724

Истомина Ирина Игоревна — кандидат биологических наук, доцент агробиотехнологического департамента, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: istomina-ii@rudn.ru

ORCID: 0000-0001-7321-7137

Павлова Марина Евгеньевна — кандидат биологических наук, доцент агробиотехнологического департамента, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: pavlova-me@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-6626-1284

Довлетярова Эльвира Анварбековна — кандидат биологических наук, доцент департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Российский университет дружбы народов, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: dovletyarova-ea@rudn.ru

ORCID: 0000-0003-4296-9015

About authors:

Demina Sofiya Alfredovna — Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: ibatulina_sa@pfur.ru

Vasenev Vyacheslav Ivanovich—Associate Professor, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: vasenev_vi@pfur.ru

Makhinya Ksenia Igorevna—Laboratory Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: makhinya-ki@rudn.ru

Romzaikina Olga Nikolaevna—Assistant, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: romzaykina-on@rudn.ru

Istomina Irina Igorevna—Associate Professor, Agrobiotechnological Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: istomina-ii@rudn.ru

Pavlova Marina Evgenievna—Associate Professor, Agrobiotechnological Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: pavlova-me@rudn.ru

Dovletyarova Elvira Anvarbekovna—Associate Professor, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation, e-mail: dovletyarova-ea@rudn.ru



Защитное лесоразведение Protective afforestation

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359
УДК 631.53.011.2

Научная статья / Research article

Исследования всхожести желудей и роста однолетних сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области

А.А. Баканева 

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Российская Федерация
✉ solnce5508@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования всхожести семян (желудей) и роста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в первый год жизни в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) Астраханской области. В настоящее время пойменные леса Астраханской области испытывают очень высокую нагрузку от выпаса сельскохозяйственных животных и «дикого» туризма. Поэтому необходимо проводить восстановление деградированных лесных фитоценозов для увеличения видового разнообразия. Цель исследования — изучение влияния длительности затопления на всхожесть дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области. При посеве семенного материала использовалась методика Сукачева (1961). По результатам исследования трех лет (2019—2021 гг.) было выявлено: всхожесть семян (желудей) дуба черешчатого составила в среднем 31 % от всего посеянного материала. В 2019 и 2021 гг. всхожесть дуба на незаливных участках была выше на 5 % по сравнению с другими вариантами опыта (краткопоемные и долгопоемные участки), вследствие выппада посевного материала из-за продолжительного половодья. В 2020 г. в результате короткого периода половодья всхожесть имела несущественную разность по вариантам. Высота однолетних сеянцев дуба черешчатого на варианте длительного затопления существенно отличалась (выше на 3...5 см) от других вариантов.

Ключевые слова: желуди, *Quercus robur* L., дуб черешчатый, пойменные леса, всхожесть семян, Волго-Ахтубинская пойма

© Баканева А.А., 2022



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. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 9 февраля 2022 г., принята к публикации 13 мая 2022 г.

Для цитирования: *Баканева А.А.* Исследования всхожести желудей и роста однолетних сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 350—359. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359

Germination of acorns and growth of one-year common oak seedlings in conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region

Anna A. Bakaneva 

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

Abstract. Seed germination and development of common oak (*Quercus robur* L.) during the first year of growing under conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region, were studied in the research. Currently, the floodplain forests of the Astrakhan region are experiencing a very high load from the grazing of farm animals and ‘wild’ tourism. Therefore, it is necessary to restore degraded forest phytocenoses to increase species diversity. The aim of the study was to study the effect of flooding duration on oak germination of in the soil and climatic conditions of the Volga-Akhtuba floodplain in the north of the Astrakhan region. Sowing seeds were carried out according to the Sukachev method (1961). According to the results of the three-year research (2019—2021), it was revealed: the germination of seeds (acorns) of common oak (*Quercus robur* L.) averaged 31 % of the total sown seeds. In 2019 and 2021, germination of oak in non-flooded areas was 5 % higher compared to other variants of the experiment (short-term and long-term flooding), resulted from seed loss due to prolonged flooding. In 2020, as a result of short flooding period, germination had an insignificant difference in variants. The height of annual seedlings of common oak in the variant of prolonged flooding differed significantly (3...5 cm higher) from other variants.

Keywords: acorns, *Quercus robur* L., common oak, floodplain forests, germination, Volga-Akhtuba floodplain

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

Article history: Received 9 February 2022. Accepted 13 May 2022.

For citation: Bakaneva AA. Germination of acorns and growth of one-year common oak seedlings in conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):350—359. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-350-359

Введение

Астраханская область расположена в природной зоне полупустыни [1, 2]. Мониторинговые исследования лесов Астраханской области были проведены сотрудниками ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»). Результат показал, что

видовой состав лесов в этом районе не богат, в основном преобладают вяз, ветла, груша, лох серебристый, ясень, тополь, дуб встречается редко [3, 4], хотя является ценной и долгоживущей породой [5, 6]. Дубравы являются удивительным компонентом средообразующей экосистемы [7—9]. Дуб ценен не только техническими качествами древесины [10], его применяют и в медицине (кора дуба) [11]. Единственный его недостаток — медленный рост [12]. Для увеличения видового разнообразия региона исследования (южная часть Черноярского района), где в лесных фитоценозах Волго-Ахтубинской поймы дуб отсутствует полностью, и улучшения деградированных пойменных лесов Астраханской области был выбран самый распространенный из видов дуба — черешчатый (*Quercus robur*) [13]. Условия его произрастания соответствуют условиям данной местности, он может расти на разных почвах, тем самым защищая ее от эрозии [14, 15]. По результатам исследований было выявлено, что посадки дуба черешчатого благоприятно влияют на почвенное плодородие, так как увеличивают гумус до 6 %.

Цель исследования — изучить влияние длительности затопления на всхожесть желудей дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области.

Материалы и методы исследования

Посев семян дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме производился сотрудниками ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 10—25 октября ежегодно в течение 2018—2020 гг. Были выбраны участки в правобережной части Волго-Ахтубинской поймы в районе с. Соленое Займище Астраханской области, с вариантами длительности затопления, в т. ч. незаливной, краткопоемный (заливается на срок до 15 дней) и долгопоемный (заливается на срок более 15 дней).

Посевной материал собирали в естественных дубравах села Вязовка Черноярского района Астраханской области. Сроки сбора семян дуба: конец сентября — начало октября. Отбирали наиболее крупные желуди, которые не имели внешних признаков повреждений или заселения грибами (трещинки, погрызы, нетипичные изменения окраски, плесень, гнили) [16]. При отборе семенного материала проводили тест: собранные в лесу желуди помещали в сосуды с водой. Пригодные для посева отбирали из категории «утонувшие» [17].

Посадку желудей проводили способом «конверт» со сторонами 1 м, 5 лунок по 4 шт. желудей в каждой лунке [18]. Повторность опыта пятикратная. Всего высаживали по 300 шт. желудей каждый год.

Результаты исследования и обсуждение

В период исследования перед посевом семян проводился агрохимический анализ почв опытных участков (табл. 1). Механический состав почв — тяжелосуглинистый. На территории поймы в пределах Черноярского района преобладают аллювиаль-

ные лесолуговые и луговые почвенные разности. Эти почвы имеют выраженную зернисто-комковатую структуру и темно-серую окраску гумусового горизонта.

Таблица 1

Результаты агрохимического анализа почв опытных участков Волго-Ахтубинской поймы в пределах с. Соленое Займище по годам исследования

Показатели	Варианты длительности затопления участков								
	Незаливной			Краткопоемный			Долгопоемный		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
рН водный, ед. рН	7,1	7,0	7,1	7,9	8,0	8,0	7,7	7,6	7,7
Органическое вещество (гумус),%	1,90	1,92	1,94	1,86	1,93	1,94	2,62	2,60	2,63
Азот щелочногидролизуемый, мг/кг	55	56	56	60	56	56	89	90	91
Фосфор подвижный, мг/кг	67	64	67	63	65	64	70	75	74
Калий подвижный, мг/кг	488	487	486	356	352	350	415	419	420

Table 1

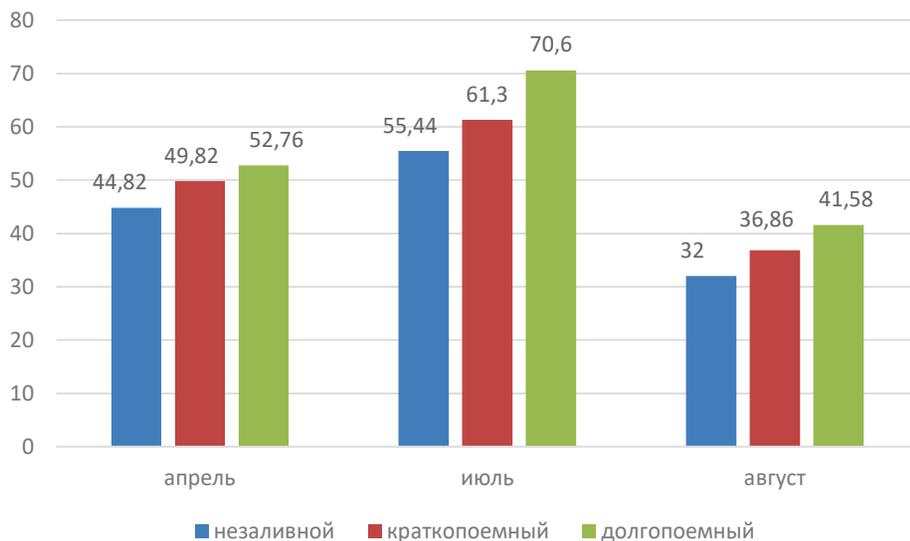
Results of agrochemical analysis of soils from experimental plots in the Volga-Akhtuba floodplain, Solenoe Zaymishche village

Indicators	Duration of flooding of the sites								
	Dry			Short-term			Long-term		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
pH aqueous	7.1	7.0	7.1	7.9	8.0	8.0	7.7	7.6	7.7
Organic substance (humus),%	1.90	1.92	1.94	1.86	1.93	1.94	2.62	2.60	2.63
Alkaline hydrolyzable nitrogen, mg/kg	55	56	56	60	56	56	89	90	91
Mobile phosphorus, mg/kg	67	64	67	63	65	64	70	75	74
Mobile potassium, mg/kg	488	487	486	356	352	350	415	419	420

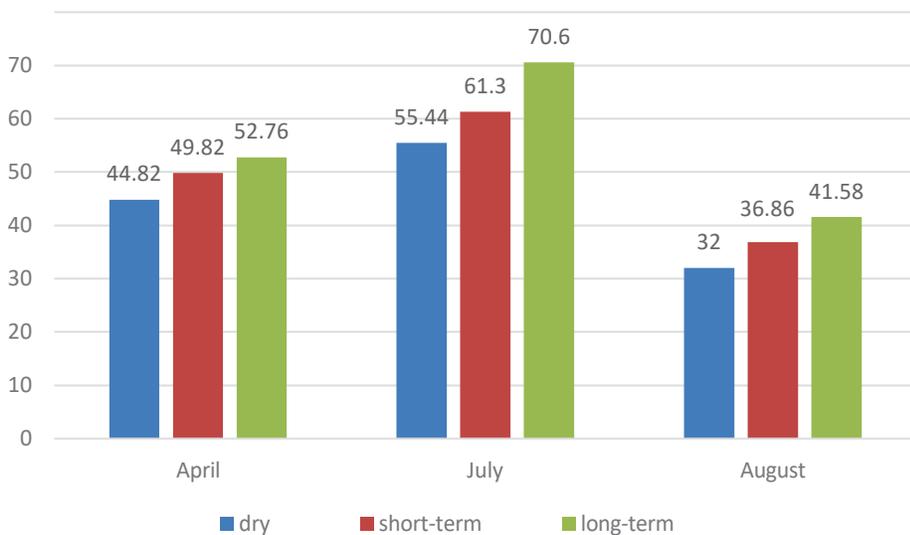
По результатам анализа выявлено, что почвы участков независимо от года и места проведения исследования в основном идентичны. Почвы опытных участков являются слабощелочными, по содержанию гумуса они разделились на среднеплодородные (незаливные и краткопоемные участки) и плодородный (долгопоемный).

Метеоусловия при посадке желудей: температура воздуха — 16...19 °С, температура почвы — 10...14 °С.

В период проведения опыта (2019—2021 гг.) отслеживали динамику продуктивной влаги в слое почвы 0—0,5 м, ниже приведены средние данные (рис.).



Динамика продуктивной влаги, мм, в слое почвы 0—0,5 м, по вариантам опыта, среднее 2019—2021 гг.



Dynamics of productive moisture, mm, in 0—0.5 m soil layer, according to the variants of the experiment, 2019—2021

Результаты исследования показали, что в период всходов дуба черешчатого запас продуктивной влаги в почве был хороший и составил в среднем 55...70 мм.

В первый год исследования — 2019 г. — всходы были отмечены 3 июня (посев 2018 г.). На конец октября 2019 г. выявлено 92 сеянца — 30,7 % от всего посеянного семенного материала. Первые всходы посева 2019 г. отмечены 5 июня 2020 г. На конец октября 2020 г. насчитали 89 сеянца — 29,7 %. В посеве 2020 г. первые всходы были 3 июня 2021 г. На конец октября 2021 г. выявлено 95 сеянцев — 31,7 % от всего посеянного семенного материала. Результаты всходов дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме по годам исследования и вариантам опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты всходов дуба черешчатого в Волго-Ахтубинской пойме по годам исследования и вариантам опыта

Варианты длительности затопления участков	Количество посеянных семян, шт.	2019		2020		2021	
		Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %	Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %	Количество сеянцев, шт.	Всхожесть, %
Незаливной	100,0	34,0	34,0	30,0	30,0	35,0	35,0
Краткопоемный	100,0	29,0	29,0	28,0	28,0	30,0	30,0
Долгопоемный	100,0	29,0	29,0	31,0	31,0	30,0	30,0
НСР ₍₀₅₎	—	4,2	—	3,2	—	4,5	—

Table 2

The results of common oak germination in the Volga-Akhtuba floodplain

Flooding duration	Number of seeds sown	2019		2020		2021	
		Number of seedlings	Germination, %	Number of seedlings	Germination, %	Number of seedlings	Germination, %
Dry	100.0	34.0	34.0	30.0	30.0	35.0	35.0
Short-term	100.0	29.0	29.0	28.0	28.0	30.0	30.0
Long-term	100.0	29.0	29.0	31.0	31.0	30.0	30.0
LSD ₀₅	—	4.2	—	3.2	—	4.5	—

Результаты дисперсионного анализа показали, что в 2019 и 2021 г. всхожесть дуба черешчатого на незаливном участке существенно отличалась от двух других вариантов опыта (краткопоемного и долгопоемного участков), то есть была выше на 5 %. Мы предполагаем, что на заливных участках произошел выпад посадочного материала в результате длительного затопления. А в 2020 г. разность по вариантам оказалась несущественной (меньше НСР), так как опытные участки были затоплены в течение непродолжительного времени.

По окончании первого года жизни сеянцев (октябрь) проведены замеры высоты растений (табл. 3).

Таблица 3

Средняя высота однолетних сеянцев дуба черешчатого по вариантам опыта, см

Год исследования	Варианты длительности затопления участков			НСР ₍₀₅₎
	Незаливной	Краткопоемный	Долгопоемный	
2019	6	7	11	2,5
2020	5	7	10	2,1
2021	6	8	11	2,1

Table 3

Height of common oak seedlings, cm

Research year	Duration of flooding			LSD ₀₅
	Dry	Short-term	Long-term	
2019	6	7	11	2.5
2020	5	7	10	2.1
2021	6	8	11	2.1

Результаты исследования высоты однолетних сеянцев дуба черешчатого показали, что на всех участках в период исследования (2019—2021 гг.) при длительном затоплении (долгопоемные участки) высота сеянцев была существенно выше, чем на других вариантах (незаливные и краткопоемные участки)—на 3...5 см (разность больше НСР). Разность высоты растений на незаливном и краткопоемном участках по годам исследования была незначительна (меньше НСР).

Заключение

В результате исследований выявлено:

— почвы опытных участков Волго-Ахтубинской поймы слабощелочные, разделяются на среднеплодородные (содержание гумуса 1,86...1,94 %) и плодородные (2,60...2,63 %);

— в период всходов дуба черешчатого продуктивный запас влаги в почве составил в среднем 55...70 мм;

— средняя всхожесть по годам исследования составила 31 % от всего посеянного материала;

— в 2019 и 2021 гг. всхожесть дуба была выше на 5 % на незаливных участках, вследствие выппада посевного материала из-за продолжительного половодья;

— всхожесть в 2020 г. в результате короткого периода половодья имела незначительную разность по вариантам;

— высота однолетних сеянцев дуба черешчатого на варианте длительного затопления существенно отличалась (выше на 3...5 см) от других вариантов.

Библиографический список

1. Кутлусурина Г.В., Токарева А.А. Почвенно-гидрологическая характеристика Астраханской области для обоснования мелиоративного районирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2(22). С. 128—147.
2. Рыбашлыкова Л.П., Конев С.В. Эколого-геохимическое состояние луго-пастбищных экосистем Волго-Ахтубинской поймы // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 185—191. doi: 10.18470/1992-1098-2017-4-185-191
3. Тютюма Н.В., Туз Р.К., Конев С.В. Значение Волго-Ахтубинской поймы в сохранении устойчивости экологической системы Северного Прикаспия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 175—181.
4. Глушко С.Г., Манюкова И.Г., Прохоренко Н.Б. Восстановление дубрав Среднего Поволжья // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 3 (27). С. 56—61.
5. Манаенков А.С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 5—23. doi: 10.15350/2306-2827.2016.2.5
6. Maevsky P.F. Flora of the middle zone of the European part of Russia. 11th ed. M.: Partnership of scientific publications КМК, 2014. P. 200—201.
7. Юферев В.Г., Таранов Н.Н. Ретроспективный анализ деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы // Известия НВ АУК. 2016. № 3 (43). С. 66—72.
8. Семенищенков Ю.А., Лобанов Г.В. Геоэкологические особенности местообитаний пойменных дубрав в долинах рек бассейна Верхнего Днепра // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. № 64 (2). С. 328—362. doi: 10.21638/spbu07.2019.210
9. Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121—137. doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Демаков Ю.П., Краснов В.Г., Кириллов С.В., Смышляева М.И., Антропова А.В. Информативность морфометрических параметров деревьев, желудей и листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в географических культурах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 3 (27). С. 18—33.
11. Рябов Н.А., Рыжов М.В., Куркин В.А., Колпакова С.Д., Жестков А.В., Лямин А.В. Антимикробная активность водно-спиртовых извлечений листьев и почек дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Фармация и фармакология. 2021. № 9(2). С. 104—113. doi: 10.19163/2307-9266-2021-9-2-104-113
12. Автономов А.Н. Влияние сроков посева желудей дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на биометрические показатели семян // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. 2014. № 4 (84). С. 52—56.
13. Романов Е.М., Смышляева М.И., Краснов В.Г., Мухортов Д.И. Выращивание однолетних семян дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой на различных питательных субстратах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 3 (35). С. 26—36. doi: 10.15350/2306-2827.2017.3.26
14. Self B., Beliech D. Growing Your Own Oak Seedlings // Mississippi State University: офиц. сайт. Режим доступа: <http://msucare.com/pubs/publications/p2421.pdf> Дата обращения: 03.02.2022.
15. Macdonald S.E., Landhäusser S.M., Skousen J., Franklin J., Frouz J., Hall S., Jacobs D., Quideau S. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions // New Forests. 2015. № 46. P. 703—732. doi: 10.1007/s11056-015-9506-4
16. Грибов С.Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А. Репродуктивная способность экстраординарных видов // Молочнохозяйственный вестник. 2016. № 2 (22). С. 7—15.
17. Мешкова В.Л., Диденко М.М. Биотические факторы повреждения желудей и всходов дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 247—256.
18. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.

References

1. Kutlusurina GV, Tokareva AA. Soil-hydrological characteristics of Astrakhan region for justification of land reclamation zoning. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2016; (2):128—147. (In Russ.).
2. Rybashlykova LP, Konev SV. Ecological-geochemical condition of meadow-pasture ecosystems of the Volga-Akhtuba floodplain. *South of Russia: Ecology, Development*. 2017; 12(4):185—191. (In Russ.). doi: 10.18470/1992-1098-2017-4-185-191
3. Tyutyuma NV, Tuz RK, Konev SV. Value of the Volga-Akhtuba floodplain in maintaining the sustainability of the ecological system of the Northern Caspian region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2017; (1):175—181. (In Russ.).
4. Glushko SG, Manukova IG, Prokhorenko NB. Restoration of oak forests of the Middle Volga region. *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2017; (3): 56—61. (In Russ.).
5. Manaenkov AS. Development of foundations of steppe and protective afforestation: theoretical, applied aspects and tasks in modern conditions. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2016; (2):5—23. (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2016.2.5
6. Maevsky P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. 11th ed. Moscow: KMK Scientific Press. 2014. (In Russ.).
7. Yuferev VG, Taranov NN. Retrospective analysis of Volga-Akhtuba floodplain forests degradation. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2016; (3):66—72. (In Russ.).
8. Semenishchenkov YA, Lobanov GV. Geoecological conditions of habitats of floodplain oak forests in river valleys of the Upper Dnieper basin. *Vestnik of Saint Petersburg university. Earth sciences*. 2019; 64(2):328—362. (In Russ.). doi: 10.21638/spbu07.2019.210
9. Erusalimskii VI, Rozhkov VA. The multifunctional role of protective forest plantations. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017; (88):121—137. (In Russ.). doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Demakov YP, Krasnov VG, Kirillov SV, Smyshlyaeva MI, Antropova AV. Information content of morphometric parameters of trees, acorns and leaves of english oak (*Quercus robur* L.) in provenance trial plantations. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2015; (3):18—33. (In Russ.).
11. Ryabov NA, Ryzhov VM, Kurkin VA, Kolpakova SD, Zhestkov AV, Lyamin AV. Antimicrobial activity of water-ethanolic extractions from *Quercus robur* L. leaves and buds. *Pharmacy & Pharmacology*. 2021; 9(2):104—113. (In Russ.). doi: 10.19163/2307-9266-2021-9-2-104-113
12. Avtonomov AN. Influence of terms of crops of *Quercus robur* L. acorns on biometric indicators of seedlings. *Bulletin of the Yakovlev Chuvash state pedagogical university*. 2014; (4):52—56. (In Russ.).
13. Romanov EM, Smyshlyaeva MI, Krasnov VG, Mukhortov DI. Growing of one-year containerized seedlings of english oak (*Quercus robur* L.) with the use of various nutritious substrates. *Vestnik of Volga state university of technology. Series: Forest. Ecology. Nature management*. 2017; (3):26—36. (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2017.3.26
14. Rousseau R, Self B, Beliech D. *Growing Your Own Oak Seedlings*. Available from: <http://msucares.com/pubs/publications/p2421.pdf> [Accessed 3rd February 2022].
15. Macdonald SE, Landhäusser SM, Skousen J, Franklin J, Frouz J, Hall S, et al. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015; 46:703—732. doi: 10.1007/s11056-015-9506-4
16. Gribov SE, Karbasnikova EB, Karbasnikov AA. Reproductive ability of extrazonal species. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*. 2016; (2):7—15. (In Russ.).
17. Meshkova VL, Didenko MM. Biotic causes of damage of acorns and young seedlings of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2014; (207):247—256. (In Russ.).
18. Sukachev VN, Zonn SV. *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* [Methodological guidelines for the study of forest types]. 2nd ed. Moscow: USSR Academy of Sciences publ.; 1961. (In Russ.).

Об авторе:

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

About the author:

Bakaneva Anna Aleksandrovna — Junior Researcher, Department of Environmental Management, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny block, Solenoye Zaymishche vil., Chernoyarsk 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-2022-17-3-360-372
УДК 636.082.1

Научная статья / Research article

Показатели воспроизводства коров при разной степени инбридинга

О.В. Руденко 

Нижегородский НИИСХ — филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,
с. п. Селекционной станции, Нижегородская обл., Российская Федерация
✉ oks-rud76@mail.ru

Аннотация. Оценка результатов селекционной работы, выявление оптимальных систем подбора животных, в т. ч. и родственных, всегда являлись актуальными. Цель исследования — изучение влияния различных степеней инбридинга на воспроизводительные способности и их селекционно-генетические параметры у голштинских коров. Исследования проведены на базе ООО «ПЗ «Пушкинское» Нижегородской области. В наиболее раннем возрасте были осеменены телки в группе с умеренным инбридингом (14,87 мес.), по этой причине они имели самую низкую массу при первом осеменении — 425,7 кг. Самым коротким сервис-периодом обладали коровы в группе с умеренным инбридингом (108,9 дн.), самым длинным — в группе с близким инбридингом (152,6 дн.). Изменчивость живой массы при первом осеменении и оплодотворении во всех группах находилась на низком уровне ($C_v = 5,22 \dots 8,25 \%$). Продолжительность сервис-периода после первой лактации во всех группах, кроме группы близкого инбридинга, имела вариацию около 45 %, в группе близкого инбридинга в 1,5 раза выше. Несмотря на свою малочисленность, самой вариабельной по всем показателям оказалась группа близкого инбридинга. Повышение возраста первого оплодотворения телок в группе близкого инбридинга приводило к увеличению продолжительности сервис-периода ($r = 0,335$), в остальных группах связь между этими показателями практически отсутствовала. Многие исследуемые показатели имели между собой слабую положительную или отрицательную связь. Среди полученного молодняка более половины приходилось на телок, в группах с разными степенями инбридинга этот показатель варьировал от 63,3 до 66,7 %, в группе с аутбредными животными — 69,4 %. Двойни зарегистрированы 2 раза и только в группе с умеренной степенью инбридинга. Мертворожденность во всех группах находилась на достаточно низком

© Руденко О.В., 2022



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

уровне—5,7...6,7 %, в группе с близкой степенью инбридинга не выявлено случаев мертворожденных телят. Рождения телят с врожденными уродствами и патологиями от родственного спаривания не наблюдалось. Таким образом, в проведенных исследованиях инбридинг даже в близкой степени не оказал отрицательного влияния на воспроизводительные качества коров.

Ключевые слова: голштинские коровы, родственное спаривание, живая масса телок, возраст телок, первое оплодотворение, сервис-период, мертворожденность

Конфликт интересов. Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0003).

История статьи: поступила в редакцию 29 марта 2022 г., принята к публикации 18 мая 2022 г.

Для цитирования: Руденко О.В. Показатели воспроизводства коров при разной степени инбридинга // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С.360—372. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-360-372

Cow reproduction rates with varying inbreeding degrees

Oksana V. Rudenko 

Nizhny Novgorod Research Agricultural Institute – Branch of «Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitskogo», Nizhny Novgorod region, Russian Federation
✉ oks-rud76@mail.ru

Abstract. The evaluation of the breeding work results carried out, the identification of optimal systems for the animal's selection, including related ones, have always been relevant. The purpose was to study the influence of various inbreeding degrees on reproductive abilities and their selection and genetic parameters in Holstein cows. The research was carried out on the basis of 'Pushkinskoe' Breeding Plant, Nizhny Novgorod region. At the earliest age, heifers were inseminated in the group with recent inbreeding (14.87 months), for this reason they had the lowest weight at the first insemination—425.7 kg. Cows in the group with recent inbreeding had the shortest service period (108.9 days), the longest service period was in the group with close inbreeding (152.6 days). The variability of live weight during the first insemination and fertilization in all groups was at a low level ($C_v = 5,22...8,25$ %). The duration of the service period after first lactation in all groups, except for the group of close inbreeding, had a variation of about 45 %, in the group with close inbreeding it was 1.5 times higher. Despite its small number, the group of close inbreeding turned out to be the most variable in all indicators. An increase in the age of the first fertilization of heifers in the group of close inbreeding leads to an increase in the duration of the service period ($r = 0.335$). However, there is practically no connection between these indicators in the other groups. Many of the studied indicators had a weak positive or negative relationship with each other. Among the resulting young, more than half were heifers, in groups with different inbreeding degrees this indicator varied from 63.3 to 66.7 %, in the group with outbred animals it was 69.4 %. Twins were registered 2 times and only in the group with a recent inbreeding degree. Stillbirth in all groups was at a fairly low level—5.7...6.7 %, in the group with a close inbreeding degree no cases of stillborn calves were detected. The birth of calves with congenital deformities and pathologies from related mating was not observed. Thus, in the conducted studies, inbreeding had no negative impact on the cow's reproductive qualities even to a close degree.

Keywords: Holstein cows, related mating, live weight, age of heifers, first fertilization, service period, stillbirth

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Acknowledgement. The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the State Assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky (No. FNWE-2022-0003).

Article history: Received 29 March 2022. Accepted 18 May 2022

For citation: Rudenko OV. Cow reproduction rates with varying inbreeding degrees. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):360—372. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-360-372

Введение

Воспроизводительная способность животных является важным элементом в технологии производства молока. Отмечено, что «ежегодные отелы позволяют своевременно восстанавливать лактацию и поддерживать производство молока на высоком уровне, а регулярное достаточное получение телят, особенно телок, дает возможность эффективно проводить селекционно-племенную работу, служит основой для расширенного воспроизводства стада и повышает экономическую эффективность отрасли» [1, 2].

К числу актуальных исследователи относят задачу изучения генетических и паратипических факторов, влияющих на эффективность осеменения коров и телок, подчеркивая необходимость их постоянного мониторинга в меняющихся условиях производства. Крупномасштабная селекция, основанная на методах популяционной генетики, сейчас приобретает все большее значение, так как позволяет оценить генотип отдельной особи и генетический потенциал популяции. «Отечественный и зарубежный опыт показывает, что при систематической оценке качества получаемого потомства улучшение породы происходит быстрее» [3, 4].

Авторы [5, 6] считают, что «улучшить показателей воспроизводства животных на генетическом достаточно сложно, так как они имеют низкий уровень наследственности и, в основном, определяются факторами внешней среды разной силы воздействия». В то же время не исключено, что на большинство признаков воспроизводства коров оказывают достаточно сильное влияние генетические особенности, в частности наследственные особенности производителей и их генеалогическая принадлежность. «Степень и вероятность действия этих факторов индивидуальны для каждого хозяйства, породы и региона» [5, 6].

В ближайшем будущем одним из основных направлений научно-технического прогресса станет развитие системного генетико-селекционного мониторинга внутрипопуляционных процессов в молочных стадах. Следует отметить, что особое внимание следует уделять мониторингу состояния воспроизводства молочного скота в условиях конкретных хозяйств и возможности включения оценки по воспроизводственным показателям в индексы племенной ценности быков-производителей [7, 8].

Цель исследования — изучить влияние различных степеней инбридинга на воспроизводительные способности и их селекционно-генетические параметры у голштинских коров.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на базе ООО «ПЗ «Пушкинское» Большеболдинского района Нижегородской области, объект исследования — коровы голштинской породы 950 голов. Данные получены из журналов первичного зоотехнического учета и базы данных Selex.

Животные были разделены на четыре группы:

- 1) аутбредные животные (коэффициент инбридинга 0 %);
- 2) отдаленный инбридинг (коэффициент инбридинга от 0,1 до 1,56 %);
- 3) умеренный инбридинг (коэффициент инбридинга от 1,57 до 12,5 %);
- 4) близкий инбридинг (коэффициент инбридинга от 12,6 до 25,0 %).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft-365 Excel. Влияние степени инбридинга на воспроизводительные показатели определяли однофакторным дисперсионным анализом. Статистическую значимость разницы между показателями групп определяли по критерию Ньюмана — Кейлса для множественного сравнения. Определение достоверности коэффициента корреляции определяли по критерию Стьюдента.

Результаты исследования и обсуждение

Многие исследователи утверждают, что «для получения наиболее высоких показателей воспроизводительной способности наиболее эффективно использовать животных с отдаленной и умеренной степенями инбридинга» [9, 10]. Несмотря на положительные результаты при использовании умеренного и отдаленного инбридинга на выдающихся быков-производителей для получения препотентных животных [11, 12], более близкие степени инбридинга ведут к значительному повышению гомозиготности животных и, как следствие, развитию инбредной депрессии. В исследованиях В.О. Маканжуола и др. [13] также установлены вредные последствия близкого и тесного инбридинга.

Особое значение при оценке воспроизводительных качеств имеет живая масса коров при первом осеменении, для данного хозяйства она была достаточно высокой — 430 кг при среднем возрасте осеменения 15,3 месяцев. Отмечено уменьшение живой массы при первом осеменении и оплодотворении по мере роста степени инбридинга. Так разница в живой массе при первом плодотворном осеменении телок с умеренной степенью инбридинга по сравнению с аутбредными коровами составляет 6,53 кг (1,5 %). Однако в группе коров с близкой степенью инбридинга наблюдается повышение живой массы на 10,78 кг (2,5 %) по сравнению с аутбридингом (табл. 1).

Таблица 1

Показатели воспроизводительной способности коров

Степень инбридинга	Поголовье, гол.	$X \pm m$				
		Живая масса при первом осеменении, кг	Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	Возраст первого плодотворного осеменения, мес.	Возраст первого отела, мес.	Продолжительность сервис-периода после первой лактации, дн.
Аутбридинг	478	433,12 ± 2,86	442,42 ± 3,38	15,28 ± 0,17	24,44 ± 0,18	111,10 ± 5,99
Отдаленный	264	427,83 ± 1,46	440,08 ± 1,97	15,07 ± 0,13	24,22 ± 0,13	108,87 ± 3,53
Умеренный	193	425,73 ± 1,60	435,89 ± 2,35	14,87 ± 0,14	24,01 ± 0,14	109,91 ± 4,30
Ближкий	15	435,20 ± 8,28	446,67 ± 9,52	15,87 ± 0,82	24,87 ± 0,87	152,64 ± 30,57

Table 1

Indicators of the cow's reproductive ability

Inbreeding degree	Number of animals	$X \pm m$				
		Live weight at first insemination, kg	Live weight at first fertilization, kg	Age of first fertilization, months	Age of first calving, months	Duration of the service period after first lactation, days
Outbreeding	478	433.12 ± 2.86	442.42 ± 3.38	15.28 ± 0.17	24.44 ± 0.18	111.10 ± 5.99
Ancient	264	427.83 ± 1.46	440.08 ± 1.97	15.07 ± 0.13	24.22 ± 0.13	108.87 ± 3.53
Recent	193	425.73 ± 1.60	435.89 ± 2.35	14.87 ± 0.14	24.01 ± 0.14	109.91 ± 4.30
Close	15	435.20 ± 8.28	446.67 ± 9.52	15.87 ± 0.82	24.87 ± 0.87	152.64 ± 30.57

Уменьшение живой массы при первом плодотворном осеменении связано, прежде всего, с сокращением возраста этого осеменения. В группе с умеренным инбридингом возраст первого оплодотворения составил 14,87 месяцев, что на 0,41 месяца (2,7 %) меньше по сравнению с группой аутбредных животных. В группе с близкой степенью инбридинга наоборот он был выше аутбредных на 0,59 месяца (3,9 %), что и обусловило более высокую живую массу.

Раньше всех отелились коровы в группе с умеренной степенью инбридинга, возраст первого отела составил 24,01 месяца. Это на 0,21 месяца (0,9 %) меньше, чем у животных с отдаленной степенью инбридинга, на 0,43 месяца (1,8 %) меньше, чем у аутбредных животных и на 0,86 месяца (3,6 %) меньше, чем у животных с близкой степенью инбридинга.

Существенная разница между группами с отдаленной и умеренной степенями инбридинга, а также с аутбридингом и группой с близкой степенью инбридинга наблюдается в продолжительности сервис-периода. Наибольшую величину этого показателя имеет группа с близкой степенью инбридинга — 152,64 дня, наименьшую группа с отдаленным инбридингом — 108,87 дней. В среднем продолжительность сервис-периода в группе с близким инбридингом на 41...44 дня больше, чем во всех других группах, но разница статистически незначима вследствие очень широкой изменчивости данного показателя.

При изучении коэффициента изменчивости воспроизводительных качеств животных установили, что инбридинг не оказал выраженного отрицательного действия на однородность внутри групп, но наметилась тенденция к уменьшению однотипности с повышением степени инбридинга (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент изменчивости показателей воспроизводительной способности коров

Степень инбридинга	Поголовье, гол.	C_v				
		Живая масса при первом осеменении, кг	Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	Возраст первого плодотворного осеменения, мес.	Возраст первого отела, мес.	Продолжительность сервис-периода после первой лактации
Аутбридинг	478	6,08	7,05	10,47	6,70	45,12
Отдаленный	264	5,53	7,27	14,03	8,76	45,99
Умеренный	193	5,22	7,49	13,27	8,34	45,75
Ближкий	15	7,37	8,25	20,05	13,58	66,43

Table 2

Variability coefficient of indicators of cow's reproductive ability

Inbreeding degree	Number of animals	C_v				
		Live weight at first insemination, kg	Live weight at first fertilization, kg	Age of first fertilization, months	Age of first calving, months	Duration of the service period after first lactation, days
Outbreeding	478	6.08	7.05	10.47	6.70	45.12
Ancient	264	5.53	7.27	14.03	8.76	45.99
Recent	193	5.22	7.49	13.27	8.34	45.75
Close	15	7.37	8.25	20.05	13.58	66.43

Величина коэффициента вариации живой массы при первом осеменении у коров с умеренным инбридингом была меньше, чем у аутбредных животных, а также коров с отдаленным и близким инбридингом на 0,86, 0,31 и 2,15 % соответственно. Изменчивость живой массы при первом оплодотворении имеет тенденцию к повышению по мере роста степени инбридинга, максимальный коэффициент вариации установлен в группе близкого инбридинга — 8,25 %, что на 1,2 % выше аутбредной группы.

Установлена тенденция расширения вариации возраста первого плодотворного осеменения и возраста первого отела с увеличением степени инбридинга коров. Так значение коэффициента изменчивости у коров с близкой степенью инбридинга по этим показателям в два раза больше, чем у аутбредных животных.

Изменчивость продолжительности сервис-периода достаточно велика во всех группах и колеблется около 45 %, исключение составляет группа с близкой степе-

нюю инбридинга, в ней коэффициент вариации в 1,5 раза больше, чем в остальных группах ($C_v = 66,43\%$).

Таким образом, повышение гомозиготности приводит к ухудшению приспособительных способностей инбредных животных, что отражается, в свою очередь, на более широкой реакции организма на действие внешних факторов. Поэтому в группе близкого инбридинга, несмотря на ее малочисленность, наибольшая изменчивость по исследуемым показателям.

В группе с отдаленной степенью родства выявлено статистически значимое влияние инбридинга на возраст первого оплодотворения и отела коров. Отдаленная степень инбридинга слабо отрицательно влияет на продолжительность сервис-периода и положительно — на живую массу при первом осеменении (табл. 3). На живую массу при первом плодотворном осеменении влияние положительное, но незначительное и статистически незначимое.

Умеренная степень инбридинга незначительно положительно влияет только на возраст первого отела и возраст первого плодотворного осеменения, эта связь статистически незначима. На остальные показатели воспроизводительной способности умеренный инбридинг влияет отрицательно и слабо: на продолжительность сервис-периода $r = -0,147$ ($p < 0,05$), на живую массу при первом плодотворном осеменении $r = -0,148$ ($p < 0,05$), на живую массу при первом осеменении $r = -0,138$ (статистически незначимо).

Таблица 3

Связь степени инбридинга с показателями воспроизводительной способности коров

Воспроизводительные показатели	Степень инбридинга		
	Отдаленный	Умеренный	Близкий
Возраст первого отела, мес.	0,130*	0,041	0,258
Возраст первого плодотворного осеменения, мес.	0,123*	0,041	0,263
Продолжительность сервис-периода после первой лактации, дн.	-0,110	-0,147*	-0,056
Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	0,046	-0,148*	-0,175
Живая масса при первом осеменении, кг	0,116	-0,138	-0,180

Примечание. Коэффициент корреляции статистически значим при * $p < 0,05$.

Table 3

The relationship of inbreeding degree with indicators of the cow's reproductive ability

Reproductive indicators	Inbreeding degree		
	Ancient	Recent	Close
Age of first calving, months	0.130*	0.041	0.258
Age of first fertilization, months	0.123*	0.041	0.263
Duration of the service period after first lactation, days	-0.110	-0.147*	-0.056
Live weight at first fertilization, kg	0.046	-0.148*	-0.175
Live weight at first insemination, kg	0.116	-0.138	-0.180

Note: The correlation coefficient is statistically significant at * $p < 0.05$.

Наибольшая положительная связь с возрастом первого оплодотворения и возрастом первого отела коров установлена при использовании близкого инбридинга. С остальными показателями выявлена слабая отрицательная связь. Все взаимосвязи близкого инбридинга с исследуемыми показателями статистически незначимы.

В табл. 4 приведены коэффициенты корреляции между показателями воспроизводительной способности коров в зависимости от степени инбридинга.

Таблица 4

Взаимосвязь между воспроизводительными показателями коров в зависимости от степени инбридинга

Воспроизводительные показатели	Степень инбридинга			
	Аутбридинг	Отдаленный	Умеренный	Близкий
Возраст первого отела, мес. – Продолжительность сервис-периода после первой лактации, дн.	-0,006	0,003	-0,080	0,378
Возраст первого отела, мес. – Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	0,063	0,018	-0,102	-0,065
Возраст первого отела, мес. – Живая масса при первом осеменении, кг	0,016	0,076	-0,077	0,209
Возраст первого плодотворного осеменения, мес. – Продолжительность сервис-периода после первой лактации, дн.	-0,005	-0,023	-0,071	0,335
Возраст первого плодотворного осеменения, мес. – Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	0,048	0,008	-0,079	-0,106
Возраст первого плодотворного осеменения, мес. – Живая масса при первом осеменении, кг	0,034	0,083	-0,072	0,161
Продолжительность сервис периода после первой лактации – Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг	0,015	-0,033	0,096	0,083
Продолжительность сервис-периода после первой лактации, дн. – Живая масса при первом осеменении, кг	0,146	-0,073	0,112	0,248
Живая масса при первом плодотворном осеменении, кг – Живая масса при первом осеменении, кг	0,753***	0,703***	0,831**	0,855***

Примечание. Коэффициент корреляции статистически значим при **p < 0,01; ***p < 0,001.

Table 4

The relationship between the cow's reproductive indicators depending on the inbreeding degree

Reproductive indicators	Inbreeding degree			
	Outbreeding	Ancient	Recent	Close
Age of first calving, months – Duration of the service period after first lactation, days	-0.006	0.003	-0.080	0.378
Age of first calving, months – Live weight at first fertilization, kg	0.063	0.018	-0.102	-0.065
Age of first calving, months – Live weight at first insemination, kg	0.016	0.076	-0.077	0.209

Reproductive indicators	Inbreeding degree			
	Outbreeding	Ancient	Recent	Close
Age of first fertilization, months – Duration of the service period after first lactation, days	-0.005	-0.023	-0.071	0.335
Age of first fertilization, months – Live weight at first fertilization, kg	0.048	0.008	-0.079	-0.106
Age of first fertilization, months – Live weight at first insemination, kg	0.034	0.083	-0.072	0.161
Duration of the service period after first lactation, days – Live weight at first fertilization, kg	0.015	-0.033	0.096	0.083
Duration of the service period after first lactation, days – Live weight at first insemination, kg	0.146	-0.073	0.112	0.248
Live weight at first fertilization, kg – Live weight at first insemination, kg	0.753***	0.703***	0.831**	0.855***

Note: The correlation coefficient is statistically significant at ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Между возрастом первого отела и продолжительностью сервис-периода среди трех анализируемых групп выявлена незначительная связь, но ее влияние разное, у коров в группе с аутбридингом и умеренным инбридингом — отрицательная, у коров с отдаленной степенью инбридинга — положительная. В группе с близким инбридингом наблюдается умеренная положительная связь ($r = 0,378$), но она статистически незначима.

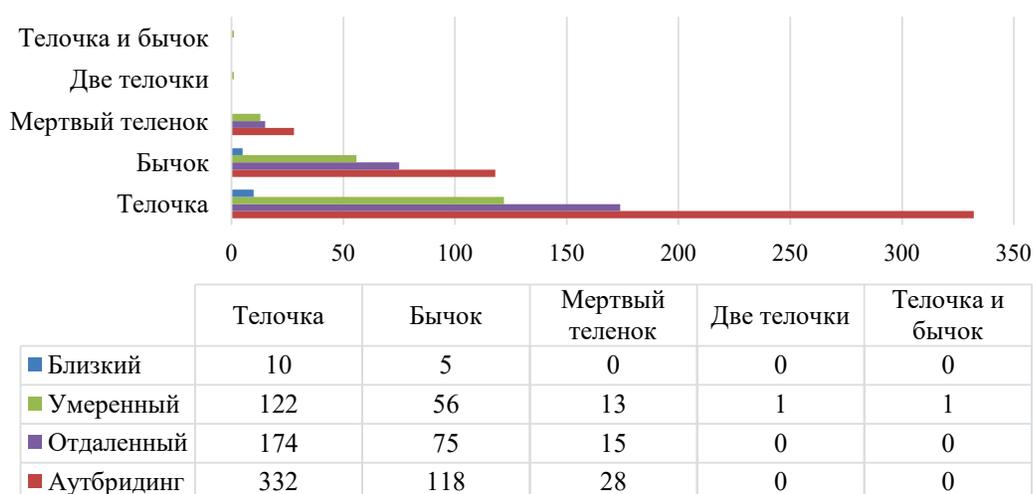
Между живой массой при первом оплодотворении и возрастом первого отела выявлена незначительная положительная связь в группах с аутбредными животными и с отдаленным инбридингом, в остальных группах связь отрицательная.

Мы установили незначительную отрицательную связь между живой массой при первом осеменении и возрастом первого отела в группе с умеренной степенью инбридинга ($r = -0,077$), слабой положительной она была в группе с близким инбридингом ($r = 0,209$). В других группах между этими показателями наблюдается незначительная положительная связь.

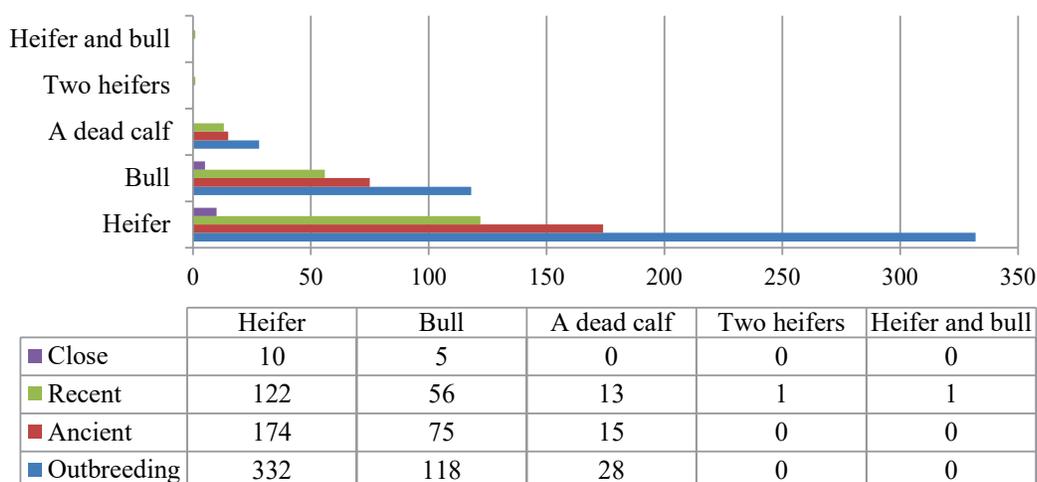
В группе коров с близкой степенью инбридинга наблюдаются значительные различия как по величине, так и по характеру связи между возрастом первого оплодотворения и продолжительностью сервис-периода, связь установлена умеренная положительная $r = 0,335$ (статистически незначима). В остальных группах прослеживается незначительная отрицательная связь.

Коэффициент корреляции между живой массой при первом плодотворном осеменении и продолжительностью сервис-периода во всех группах имеет низкое значение и находится в пределах $r = -0,033 \dots 0,096$. Статистически значимой связи живой массы при первом осеменении с продолжительностью сервис-периода коров не установлено ни в одной группе.

Для оценки влияния генетических факторов на репродуктивные качества первотелок были изучены процентное соотношение рожденных телочек и бычков, количество двоен, количество мертворожденных телят при различных видах подбора (рис.).



Результаты отелов первотелок



Results of the first calving cows

Среди полученного молодняка более половины приходится на телок, в группах с разными степенями инбридинга этот показатель варьирует от 63,3 %, в группе с умеренным инбридингом до 66,7 % в группе с близким инбридингом, в группе с аутбредными животными процент рождения телок несколько выше и составляет 69,4 %. Рождаемость бычков составляет от 24,7 до 33,3 %.

Для крупного рогатого скота характерна малая частота получения двоен — в среднем 2...4 % [14]. Но следует отметить, что в группе с умеренной степенью инбридинга рождение двоен встретилось два раза, в результате отела получено один раз две телочки и один раз телочка и бычок — это 1 % от всего количества полученных телят (рис.).

Количество мертворожденных телят во всех исследуемых группах находится на достаточно низком уровне — от 5,7 в группе с отдаленным инбридингом до 6,7 % в группе с умеренным инбридингом, в группе с близкой степенью инбридинга не выявлено случаев мертворожденных телят. Рождения телят с врожденными уродствами и патологиями от родственного спаривания в наших исследованиях не наблюдалось. Все родившиеся телята соответствовали по всем характеристикам голштинской породе. Показатели отелов доказывают, что репродуктивная функция у всех исследуемых животных хорошо развита.

Таким образом, в проведенных исследованиях инбридинг не оказал отрицательного влияния на воспроизводительные качества коров, а также на частоту мертворождаемости в стаде.

Заключение

Минимальный возраст первого плодотворного осеменения установлен в группе с умеренным инбридингом (14,87 мес.), что на 0,2...1,0 месяца меньше по сравнению с группами аутбредных животных и с отдаленной и близкой степенями инбридинга. Наибольшую продолжительность сервис-периода имеет группа с близкой степенью инбридинга — 153 дня, наименьшую — группа с отдаленным инбридингом — 109 дней.

Рост степени инбридинга приводит к увеличению возраста первого оплодотворения и первого отела коров ($r = +0,041...0,263$), а также к сокращению сервис-периода ($r = -0,056...-0,147$) и живой массы при первом плодотворном осеменении ($r = -0,175...0,046$).

Количество мертворожденных телят во всех исследуемых группах находилось на достаточно низком уровне — от 5,7 до 6,7 %, в группе с близким инбридингом не выявлено случаев мертворожденных телят. Рождения телят с уродствами и патологиями от родственного спаривания в нашем случае не наблюдалось. Показатели отелов доказывают, что репродуктивная функция у всех исследуемых животных хорошо развита.

Библиографический список

1. Мартынова А.Ю. Воспроизводительные качества коров разных генотипов // Вестник биотехнологии. 2016. № 3. С. 3—7.
2. Альтергот В.В. Влияние продолжительности физиологических периодов коров голштинской породы на их воспроизводительные функции и хозяйственно-биологические показатели потомства: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М., 2013. 19 с.
3. Мишхожев А.А. Влияния паратипических факторов на хозяйственно-полезные признаки голштинского скота // Приоритетные направления развития современной науки молодых ученых аграриев: материалы трудов конференции. 2016. С. 650—654.
4. Новикова Н., Пурецкий В., Федосеева Н., Першина О. Репродуктивные качества ремонтных телок в связи с возрастом при осеменении // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 8. С. 34—35.
5. Баймишев Х.Б. Репродуктивные способности нетелей голштинской породы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 146—150.

6. Вельматов А.А., Ерзамаев А.В., Тишкина Т.Н., Хамза А.-И.А.А., Вельматов А.П. Продуктивные качества помесей симментальской и голштинской пород // Главный зоотехник. 2018. № 1. С. 43—50.
7. Барышникова К.В. Селекционные признаки коров и их наследуемость в семействах // Молочное и мясное скотоводство. 1988. № 2. С. 50—51.
8. Белокуров С.Г. Оплодотворяемость коров в зависимости от типов подбора // Пути совершенствования племенных и продуктивных качеств крупного рогатого скота. 1983. С. 106—110.
9. Недашковский И.С., Сермягин А.А., Богданова Т.В., Ермилов А.Н., Янчуков И.Н., Зиновьева Н.А. Оценка влияния уровня инбридинга на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров голштинизированной популяции черно-пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 7. С. 17—22. doi: 10.25632/MMS.2018.7.21450
10. Doekes H.P., Veerkamp R.F., Bijma P., de Jong G., Hiemstra S.J., Windig J.J. Inbreeding depression due to recent and ancient inbreeding in Dutch Holstein–Friesian dairy cattle // *Genet. Sel. Evol.* 2019. № 51. P. 54. doi: 10.1186/s12711-019-0497-z
11. Зырянова С.В., Лапина М.Ю. Инбридинг, его влияние на хозяйственно-ценные признаки крупного рогатого скота Ярославской породы // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 4—1 (34). С. 37—44.
12. Harris B.L. Heritability and economics of survival rate // *N.L. J. Agr. Res.* 1989. № 32. P. 359—363.
13. Makanjuola B.O., Maltecca C., Miglior F., Schenkel F.C., Baes C.F. Effect of recent and ancient inbreeding on production and fertility traits in Canadian Holsteins // *BMC Genomics*. 2020. № 21. P. 605. doi: 10.1186/s12864-020-07031-w
14. Завертяев Б.П. Повышение многоплодия в скотоводстве. М.: Россельхозиздат, 1984. 190 с.

References

1. Martynova AY. Reproductive qualities of cows of different genotypes. *Vestnik biotekhnologii*. 2016; (3):3—7. (In Russ.).
2. Altergot VV. *Vliyanie prodolzhitel'nosti fiziologicheskikh periodov korov golshhtinskoj porody na ikh vosproizvoditel'nye funktsii i khozyaistvenno-biologicheskie pokazateli potomstva* [The effect of the duration of physiological periods of Holstein cows on their reproductive functions and economic and biological indicators of offspring] [Dissertation]. Moscow; 2013. (In Russ.).
3. Mishkhozhev AA. Effects of paratypical factors on economically useful signs of Holstein cattle. In: *Priority directions of development of modern science of young agricultural scientists: conference proceedings*. 2016. p.652—654. (In Russ.).
4. Novikova N, Purezki V, Fedoseeva N, Perchina O. Reproductive qualities of repair heifers in connection with the age at insemination. *Journal of dairy and beef cattle breeding*. 2010; (8):34—35. (In Russ.).
5. Baimishev HB. Reproductive abilities of Holstein heifers. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2013; (2):146—150. (In Russ.).
6. Velmatov A, Erzamaev A, Tishkina T, Hamza A-IAA, Velmatov A. Productive traits of crossbreds of Simmental and Holstein breeds. *Head of animal breeding*. 2018; (1):43—50. (In Russ.).
7. Baryshnikova KV. Breeding characteristics of cows and their heritability in families. *Journal of dairy and beef cattle breeding*. 1988; (2):50—51. (In Russ.).
8. Belokurov SG. *Puti sovershenstvovaniya plemennykh i produktivnykh kachestv krupnogo rogatogo skota* [Fertilization of cows depending on the types of selection]. In: *Ways to improve breeding and productive qualities of cattle: conference proceedings*. 1983. p.106—110. (In Russ.).
9. Nedashkovsky IS, Sermyagin AA, Bogdanova TV, Ermilov AN, Yanchukov IN, Zinovieva NA. Evaluation of inbreeding effect for milk production and fertility traits black-and-white cattle improved by Holstein breed. *Animal and dairy science*. 2018; (7):17—22. (In Russ.). doi: 10.25632/MMS.2018.7.21450
10. Doekes HP, Veerkamp RF, Bijma P, de Jong G, Hiemstra SJ, Windig JJ. Inbreeding depression due to recent and ancient inbreeding in Dutch Holstein–Friesian dairy cattle. *Genet Sel Evol*. 2019; 51:54. doi: 10.1186/s12711-019-0497-z
11. Zyryanova SV, Lapina MY. Inbreeding, its influence on the economically valuable characteristics of Yaroslavl breed. *The Bulletin Donskoy state agrarian university*. 2019; (4—1):37—44. (In Russ.).
12. Harris BL. Heritability and economics of survival rate. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1989; 32:359—363. doi: 10.1080/00288233.1989.10421753

13. Makanjuola BO, Maltecca C, Miglior F, Schenkel FS, Baes CF. Effect of recent and ancient inbreeding on production and fertility traits in Canadian Holsteins. *BMC Genomics*. 2020; 21:605. doi: 10.1186/s12864-020-07031-w

14. Zavertyaev BP. Povyshenie mnogoplodiya v skotovodstve [Increase of multiple fertility in cattle breeding]. Moscow: Rossel'khoizdat publ.; 1984. (In Russ.).

Об авторе:

Руденко Оксана Васильевна — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела животноводства, Нижегородский НИИСХ — филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, Российская Федерация, 607686, Нижегородская область, Кстовский р-н, с.п. Селекционной станции, ул. Центральная, д. 38; e-mail: oks-rud76@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8355-1048

About of Author:

Rudenko Oksana Vasilievna — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Livestock department, Nizhny Novgorod Research Agricultural Institute – Branch of «Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitskogo», 38 Central st., Selektionnaya stantsiya v., Kstovsky district, Nizhny Novgorod region, 607686, Russian Federation; e-mail: oks-rud76@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8355-1048



Ветеринария Veterinary science

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-373-381

УДК 636.2.054.087.72:612.1

Научная статья / Research article

Гематологические и биохимические показатели крови бычков при использовании в качестве кормовой добавки гидролизата тушек норок

В.Н. Денисенко , В.А. Балыков ,
Р.В. Рогов , Ю.С. Круглова  

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Российская Федерация
 y7272@mail.ru

Аннотация. Для повышения эффективности рубцового пищеварения исследователями разработано множество ферментных кормовых добавок. Проводится работа по изысканию кормовых добавок, улучшающих питание рубцовой микрофлоры, т.е. пребиотиков. Для этой цели предложен гидролизат животного белка. Представлены данные, отражающие динамику гематологических и биохимических показателей сыворотки крови бычков в возрасте 3—4 месяцев при включении в рацион кормовой добавки гидролизата тушек норок в дозах 5, 10 и 20 граммов на голову в сутки в течение 30 дней. Показано, что после завершения опыта у животных, получавших гидролизат в дозах 10 и 20 граммов на голову, отмечено достоверное снижение содержания лейкоцитов в пределах референсных значений и повышения процентного содержания лимфоцитов в лейкограмме. Изменение биохимических показателей групп опытных бычков характеризовалось дозозависимым статистически значимым повышением концентрации белка, мочевины и резервной щелочности. Концентрация общего билирубина, АЛТ, ЛДГ достоверно понижалась, АСТ — повышалась. Полученные результаты свидетельствуют о повышении иммунной реактивности организма животных на фоне применения кормовой добавки.

© Денисенко В.Н., Балыков В.А., Рогов Р.В., Круглова Ю.С., 2022



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

Ключевые слова: бычки, гидролизат, тушки норок, гематологическое исследование, биохимические показатели сыворотки крови

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

История статьи: поступила в редакцию 31 мая 2022 г., принята к публикации 29 июня 2022 г.

Для цитирования: Денисенко В.Н., Бальков В.А., Rogov P.B., Круглова Ю.С. Гематологические и биохимические показатели крови бычков при использовании в качестве кормовой добавки гидролизата тушек норок // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 373—381. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-373-381

Hematological and biochemical parameters of bulls' blood when using mink carcass hydrolyzate as a feed additive

Viktor N. Denisenko , Vitaly A. Balykov ,
Roman V. Rogov , Yulia S. Kruglova  

Scriabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology,
Moscow, Russian Federation
 y7272@mail.ru

Abstract. To improve the efficiency of ruminal digestion, researchers have developed a variety of enzyme feed additives. We are also working to find feed additives that improve the nutrition of rumen microflora, that is, prebiotics. For this purpose, we have proposed an animal protein hydrolyzate. The paper presents data reflecting the dynamics of hematological and biochemical parameters of blood serum of calves at the age of 3—4 months when hydrolyzed mink carcasses are included in the diet at doses of 5, 10 and 20 grams per head per day for 30 days. It was shown that after the completion of the experiment in animals treated with hydrolyzate at doses of 10 and 20 grams per head, there was a significant decrease in the content of leukocytes within the reference values and an increase in the percentage of lymphocytes in the leukogram. The change in the biochemical parameters of the groups of experimental bulls was characterized by a dose-dependent statistically significant increase in the concentration of protein, urea and reserve alkalinity. The concentration of total bilirubin, ALT, LDH significantly decreased, AST—increased. The results obtained indicate an increase in the immune reactivity of the animal organism with the use of the feed additive.

Keywords: bulls, hydrolyzate, mink carcasses, hematological examination, biochemical parameters of blood serum

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

Article history: Received 31 May 2022. Accepted 29 June 2022.

For citation: Denisenko VN, Balykov VA, Rogov RV, Kruglova YS. Hematological and biochemical parameters of bulls' blood when using mink carcass hydrolyzate as a feed additive. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):373—381. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-373-381

Введение

Показатели крови бычков при внесении им в качестве кормовой добавки белковых гидролизатов важны для совершенствования методов откорма крупного рогатого скота. В рубце крупного рогатого скота под действием ферментов рубцовой микрофлоры расщепляются клетчатка, легкоперевариваемые углеводы и белки. За сутки в нем синтезируются полноценный, содержащий все аминокислоты микробный белок, липиды и большое количество летучих жирных кислот [1—6]. При этом микробный белок рубца составляет более 50 % белка, перевариваемого крупным рогатым скотом, и его состав крайне необходим для адекватной работы пищеварительной системы [7—11]. Вместе с этим даже незначительное изменение рациона может привести к дисбалансу пищеварительной системы и способствовать утрате адекватного синтеза рубцового пищеварения, а как следствие — его дисфункции. Получены данные о том, что добавление ферментных кормовых добавок в состав рационов лактирующих коров приводит к повышению среднесуточных надоев, вместе с тем клинические и биохимические показатели крови откормочных животных могут дать обширное представление о любых изменениях в технологической цепи [11, 12—16]. Сравнительный анализ потребления корма, его переваривания, параметров ферментации, бактериального сообщества и их влияния на пищеварение рубца проведен во многих исследованиях [4, 7, 11, 17, 18]. Изыскание кормовых добавок с использованием гидролизата животного белка позволит увеличить концентрацию короткоцепочечных летучих жирных кислот и аммиака. Также следует отметить, что морфо-биохимический скрининг обладает достаточной чувствительностью и позволит в полной мере раскрыть механизмы влияния биологически активного вещества на организм животных, поэтому отслеживание динамики гематологических данных обеспечит контроль над состоянием животных.

Цель исследования — изучение влияния гидролизата тушек норок на гематологические и биохимические показатели сыворотки крови бычков на откорме.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на 20 бычках 3—4-месячного возраста в соответствии с международными стандартами GLP. Животные были разделены по принципу аналогов на 4 группы по 5 голов в каждой, из них сформировано 3 экспериментальных и одна группа контроля. При формировании опытных групп обращали внимание на упитанность животных, состояние кожных покровов, слизистых оболочек и опорно-двигательного аппарата.

Суточный рацион опытных животных включал: жом сухой — 0,13 кг; шрот подсолнечный — 0,29 кг; шрот рапсовый — 0,20 кг; сено разнотравное — 0,46 кг; сенаж козлятника — 0,86 кг; силос викоовсяный — 1,43 кг; дробленка овес — 0,27 кг; дробленка ячмень — 0,27 кг; дробленка пшеница — 0,27 кг; комбикорм К62-2-89 — 0,30 кг.

В качестве кормовой добавки использовали гидролизат тушек норок, полученный по оригинальной технологии (патент РФ № 101202) [19]. Применяемый

гидролизат содержит 17 аминокислот, в т.ч. 5 незаменимых, 6 макро- и 18 микро-элементов.

Контрольная группа телят получала хозяйственный рацион. В основной рацион опытных групп добавляли по 5, 10 и 20 г гидролизата в течение 30 суток. На протяжении всего исследования за опытными бычками вели наблюдение. От всех животных перед началом опыта и через 30 дней наблюдения получали кровь для проведения гематологических и биохимических исследований. Гематологические и биохимические исследования сыворотки крови выполняли общепринятыми методами [20].

Результаты полученных исследований обрабатывали статистически с использованием программы Statistica 8.0 (Stat Soft Inc., США) и представляли в виде таблиц.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведен сравнительный анализ данных при добавлении опытными животным к основному рациону различных доз гидролизата тушек норок (5, 10 и 20 г гидролизата в течение 30 суток). Результаты гематологических исследований приведены в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 цифровых данных видно, что у животных интактных и из подопытных групп содержание лейкоцитов превышает верхние физиологические границы. Следует отметить, что после завершения эксперимента у бычков опытных групп, получавших по 10 и 20 г на голову в сутки, лейкоциты достоверно ($p < 0,05$) снижаются до средних физиологических значений в 1,53 и 1,35 раза соответственно. Кроме этого, в лейкограмме указанных групп бычков установлено статистически достоверное повышение относительного содержания лейкоцитов в пределах референтных значений.

У бычков, получавших гидролизат в дозе 5 г / голову в сутки, не отмечено достоверного изменения показателей крови.

При исследовании эффективности использования в качестве кормовой добавки гидролизата тушек норок в дозе 5, 10 и 20 г гидролизата в течение 30 суток к основному рациону при откорме бычков мы также провели биохимические исследования крови опытных животных (табл. 2).

Анализ приведенных в табл. 2 данных свидетельствует о том, что ежедневное скармливание гидролизата из тушек норок бычкам опытных групп в дозе 10 и 20 г / голову в течение 30 дней вызывает статистически значимое повышение концентрации общего белка в сыворотке крови до верхней физиологических границы — $84,60 \pm 2,35$ и $82,70 \pm 4,81$ г/л соответственно.

Кроме того, у всех бычков опытных групп отмечено дозозависимое снижение концентрации общего билирубина и активности аланинаминотрансферазы. В то время как активность аспаргатаминотрансферазы при скармливании 5, 10 и 20 г гидролизата, наоборот, достоверно ($p < 0,05$) повышалась в 1,82; 3,32 и 4,45 раза соответственно.

Активность лактатдегидрогеназы снижалась только у животных, получавших гидролизат в дозах 10 и 20 г на голову. Применение гидролизата в указанных дозах приводило к повышению резервной щелочности сыворотки крови. Отмечено также снижение в физиологических пределах содержания каротина у подопытных животных.

Результаты клинического анализа крови контрольных и подопытных бычков

Показатели	Референсные значения	Контроль		5 г/гол		10 г/гол		20 г/гол	
		До	После	До	После	До	После	До	После
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	5,0–7,5	8,13 \pm 0,70	8,31 \pm 0,72	7,61 \pm 0,44	7,60 \pm 0,99	7,32 \pm 0,48	7,82 \pm 0,50	7,47 \pm 0,50	7,52 \pm 0,32
Гематокрит, %	28–38	45,83 \pm 1,90	46,35 \pm 0,79	45,83 \pm 1,90	46,35 \pm 0,79	45,78 \pm 1,90	46,42 \pm 1,54	45,90 \pm 4,15	46,98 \pm 1,55
Гемоглобин, г/л	90–120	133,78 \pm 2,50	134,90 \pm 1,99	135,28 \pm 4,15	137,60 \pm 2,19	136,67 \pm 2,94	137,83 \pm 2,32	135,17 \pm 2,84	135,90 \pm 12,49
СОЭ, мм/ч	1–3	1,00 \pm 0,00	1,33 \pm 0,52	1,50 \pm 0,84	1,17 \pm 0,41				
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	5,0–10,0	12,53 \pm 3,80	12,36 \pm 2,57	11,75 \pm 2,56	11,94 \pm 1,96	12,01 \pm 1,79	7,85 \pm 1,89*	11,82 \pm 2,20	8,78 \pm 1,28*
Палочк. нейтрофилы, %	2–5	1,17 \pm 0,41	1,50 \pm 0,55	1,17 \pm 0,41	1,50 \pm 0,55	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00	1,50 \pm 0,55	1,50 \pm 0,55
Сегмент. нейтрофилы, %	25–50	53,17 \pm 11,65	52,83 \pm 11,63	46,00 \pm 5,55	46,67 \pm 7,17	40,00 \pm 5,97	37,50 \pm 10,03	38,50 \pm 8,87	38,50 \pm 8,92
Эозинофилы, %	3–8	2,50 \pm 1,64	2,50 \pm 1,38	2,50 \pm 1,64	2,50 \pm 1,38	2,50 \pm 1,87	3,00 \pm 1,79	3,00 \pm 1,67	2,83 \pm 1,33
Моноциты, %	3–10	3,00 \pm 1,90	3,00 \pm 1,67	3,00 \pm 1,90	3,00 \pm 1,67	2,50 \pm 1,76	2,17 \pm 1,60	2,67 \pm 1,37	2,83 \pm 1,47
Лимфоциты, %	40–70	40,17 \pm 9,89	40,17 \pm 9,89	44,17 \pm 4,83	44,67 \pm 5,92	40,67 \pm 10,21	56,00 \pm 8,88*	44,33 \pm 2,73	55,83 \pm 8,57*
Тромбоциты, $\times 10^9/л$	269–700	323,50 \pm 57,11	323,50 \pm 57,11	306,50 \pm 27,22	307,33 \pm 32,93	258,67 \pm 28,27	265,33 \pm 20,38	268,17 \pm 11,62	276,17 \pm 8,13

* Статистически достоверные изменения показателей по отношению к контролю при $p < 0,05$.

The results of a clinical blood test of control and experimental bulls

Indicators	Reference values	Control		5 g/head		10 g/head		20 g/head	
		Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Erythrocytes, $\times 10^{12}/l$	5.0–7.5	8.13 \pm 0.70	8.31 \pm 0.72	7.61 \pm 0.44	7.60 \pm 0.99	7.32 \pm 0.48	7.82 \pm 0.50	7.47 \pm 0.50	7.52 \pm 0.32
Hematocrit, %	28–38	45.83 \pm 1.90	46.35 \pm 0.79	45.83 \pm 1.90	46.35 \pm 0.79	45.78 \pm 1.90	46.42 \pm 1.54	45.90 \pm 4.15	46.98 \pm 1.55
Hemoglobin, g/l	90–120	133.78 \pm 2.50	134.90 \pm 1.99	135.28 \pm 4.15	137.60 \pm 2.19	136.67 \pm 2.94	137.83 \pm 2.32	135.17 \pm 2.84	135.90 \pm 12.49
ESR, mm/h	1–3	1.00 \pm 0.00	1.33 \pm 0.52	1.50 \pm 0.84	1.17 \pm 0.41				
Leukocytes, $\times 10^9/l$	5.0–10.0	12.53 \pm 3.80	12.36 \pm 2.57	11.75 \pm 2.56	11.94 \pm 1.96	12.01 \pm 1.79	7.85 \pm 1.89*	11.82 \pm 2.20	8.78 \pm 1.28*
Stick. neutrophils, %	25–50	53.17 \pm 11.65	52.83 \pm 11.63	46.00 \pm 5.55	46.67 \pm 7.17	40.00 \pm 5.97	37.50 \pm 10.03	38.50 \pm 8.87	38.50 \pm 8.92
Eosinophils, %	3–8	2.50 \pm 1.64	2.50 \pm 1.38	2.50 \pm 1.64	2.50 \pm 1.38	2.50 \pm 1.87	3.00 \pm 1.79	3.00 \pm 1.67	2.83 \pm 1.33
Monocytes, %	3–10	3.00 \pm 1.90	3.00 \pm 1.67	3.00 \pm 1.90	3.00 \pm 1.67	2.50 \pm 1.76	2.17 \pm 1.60	2.67 \pm 1.37	2.83 \pm 1.47
Lymphocytes, %	40–70	40.17 \pm 9.89	40.17 \pm 9.89	44.17 \pm 4.83	44.67 \pm 5.92	40.67 \pm 10.21	56.00 \pm 8.88*	44.33 \pm 2.73	55.83 \pm 8.57*
Platelets, $\times 10^9/l$	269–700	323.50 \pm 57.11	323.50 \pm 57.11	306.50 \pm 27.22	307.33 \pm 32.93	258.67 \pm 28.27	265.33 \pm 20.38	268.17 \pm 11.62	276.17 \pm 8.13

*Statistically significant changes in indicators compared to control at $p < 0.05$.

Биохимические показатели контрольных и подопытных бычков

Показатели	Контроль			5 г/гол			10 г/гол			20 г/гол		
	До		После	До		После	До		После	До		После
	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После
Общий белок, г/л	69,14±7,15	66,98±13,43	66,38±6,63	71,40±7,27	69,42±10,91	84,60±2,35*	69,60±4,18	82,70±4,81*				
Альбумин, г/л	35,36±2,62	36,14±1,84	34,04±1,46	34,72±2,48	34,68±1,67	37,00±1,57	34,18±6,91	35,30±3,59				
Глюкоза, ммоль/л	1,92±0,51	1,74±0,28	1,94±0,34	2,04±0,21	1,38±0,22	1,44±0,34	1,34±0,52	1,54±0,18				
Общий билирубин, мкмоль/л	7,86±0,90	7,72±0,38	7,04±1,04	6,60±0,72*	7,08±3,28	3,20±1,23*	7,98±3,47	2,72±0,86*				
Аспаратаминотрансфераза, Ед/л	24,80±3,27	27,40±2,88	23,00±4,30	42,00±9,35*	24,78±4,55	82,40±4,93*	24,68±2,54	110,00±11,90*				
Аланинаминотрансфераза, Ед/л	105,02±4,05	96,90±9,13	106,00±12,63	65,60±4,72*	107,32±44,15	20,16±6,35*	101,53±26,96	16,44±4,79*				
Лактатдегидрогеназа, Ед/л	305,14±16,80	305,26±5,80	311,84±7,97	313,00±10,62	316,40±11,26	236,66±8,95*	332,20±23,22	249,32±23,84*				
Мочевина, ммоль/л	3,74±0,54	3,55±0,43	3,38±1,54	3,23±1,68	3,01±0,88	3,96±0,72	3,17±0,61	4,19±0,76*				
Креатинин, мкмоль/л	67,98±9,55	75,38±21,36	70,64±25,12	58,92±16,24	81,24±31,49	84,04±13,32	80,38±19,83	71,46±7,53				
Кальций, ммоль/л	2,34±0,23	2,26±0,23	2,54±0,41	2,36±0,23	3,84±3,29	2,86±1,65	3,70±2,66	3,30±1,48				
Фосфор, ммоль/л	0,94±0,17	0,94±0,21	0,98±0,08	1,06±0,09	0,96±0,13	0,87±0,22	1,09±0,06	1,14±0,14				
Каротин, мг/%	0,44±0,04	0,41±0,07	0,75±0,11	0,51±0,20*	0,63±0,16	0,45±0,05*	0,53±0,10	0,39±0,08*				
Резервная щелочность, мг %	300,00±64,81	306,00±68,41	308,00±22,80	312,00±26,83	280,00±83,67	490,00±30,00*	260,00±23,72	484,00±16,73*				

*Статистически достоверные изменения показателей по отношению к контролю при $p < 0,05$.

Biochemical parameters of control and experimental bulls

Indicators	Control			5 g/head			10 g/head			20 g/head		
	Before		After	Before		After	Before		After	Before		After
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
Total protein, g/l	69.14±7.15	66.98±13.43	66.38±6.63	71.40±7.27	69.42±10.91	84.60±2.35*	69.60±4.18	82.70±4.81*				
Albumin, g/l	35.36±2.62	36.14±1.84	34.04±1.46	34.72±2.48	34.68±1.67	37.00±1.57	34.18±6.91	35.30±3.59				
Glucose, mmol/l	1.92±0.51	1.74±0.28	1.94±0.34	2.04±0.21	1.38±0.22	1.44±0.34	1.34±0.52	1.54±0.18				
Total bilirubin, μmol/l	7.86±0.90	7.72±0.38	7.04±1.04	6.60±0.72*	7.08±3.28	3.20±1.23*	7.98±3.47	2.72±0.86*				
Aspartateaminotransferase, U/l	24.80±3.27	27.40±2.88	23.02±4.30	42.00±9.35*	24.78±4.55	82.40±4.93*	24.68±2.54	110.00±11.90*				
Alanineaminotransferase, U/l	105.02±4.05	96.90±9.13	106.00±12.63	65.60±4.72*	107.32±44.15	20.16±6.35*	101.53±26.96	16.44±4.79*				
Lactate dehydrogenase, U/l	305.14±16.80	305.26±5.80	311.84±7.97	313.00±10.62	316.40±11.26	236.66±8.95*	332.20±23.22	249.32±23.84*				
Urea, mmol/l	3.74±0.54	3.55±0.43	3.38±1.54	3.23±1.68	3.01±0.88	3.96±0.72	3.17±0.61	4.19±0.76*				
Creatinine, μmol/l	67.98±9.55	75.38±21.36	70.64±25.12	58.92±16.24	81.24±31.49	84.04±13.32	80.38±19.83	71.46±7.53				
Calcium, mmol/l	2.34±0.23	2.26±0.23	2.54±0.41	2.36±0.23	3.84±3.29	2.86±1.65	3.70±2.66	3.30±1.48				
Phosphorus, mmol/l	0.94±0.17	0.94±0.21	0.98±0.08	1.06±0.09	0.96±0.13	0.87±0.22	1.09±0.06	1.14±0.14				
Carotene, mg/%	0.44±0.04	0.41±0.07	0.75±0.11	0.51±0.20*	0.63±0.16	0.45±0.05*	0.53±0.10	0.39±0.08*				
Reserve alkalinity, mg/%	300.00±64.81	306.00±68.41	308.00±22.80	312.00±26.83	280.00±83.67	490.00±30.00*	260.00±23.72	484.00±16.73*				

*Statistically significant changes in indicators in relation to control at $p < 0,05$.

Таким образом, полученные результаты подтверждают положительное влияние гидролизата из тушек норок на организм бычков — улучшение гематологических и биохимических показателей крови. Совершенствование методов откорма крупного рогатого скота при использовании белковых кормовых добавок может существенно сократить период откорма, снизить частоту возникновения вздутия у откормочного скота, а также повысить рентабельность производства и продуктивность животных.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии гидролизата из тушек норок на организм бычков. После 30-дневного скармливания гидролизата в дозах 10 и 20 г на голову в сутки у подопытных животных отмечено снижение содержания лейкоцитов и повышение процентного содержания в лейкограмме лимфоцитов до физиологического уровня. Нормализация концентрации лейкоцитов в крови свидетельствует об отсутствии в организме воспалительных процессов, а повышение удельной концентрации лимфоцитов в лейкограмме — о повышении иммунной реактивности организма животных. Повышение концентрации общего белка в сыворотке крови до верхних физиологических пределов согласуется с повышением среднесуточных привесов подопытных животных, оно, вероятно, обусловлено увеличением синтеза микробного белка рубцовой флорой. Статистически достоверное дозозависимое снижение общего билирубина и активности печеночных ферментов в пределах референсных значений указывает на нормализацию функции печени подопытных бычков. Показатели щелочного резерва отражают содержание бикарбонатов в крови животных. У интактных животных и подопытных групп они существенно ниже физиологических пределов, что свидетельствует о наличии у них метаболического ацидоза, связанного с концентратным типом кормления. Включение в хозяйственный рацион бычков гидролизата из тушек норок приводит к нормализации показателей резервной щелочности. Механизм этого процесса объясняется увеличением синтеза пропионовой кислоты в рубце в активизации процесса неогликогинеза.

Библиографический список / References

1. Rudenko PA, Vatikov YA, Rudenko AA, Rudenko VB. Epizootic analysis of factor-infected cattle farms. *Scientific life*. 2020; 15(4):572—585. (In Russ.). doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585
Руденко П.А., Ватников Ю.А., Руденко А.А., Руденко В.Б. Эпизоотический анализ животноводческих ферм, неблагополучных по факторным инфекциям // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 4 (104). С. 572—585. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585
2. Tothova C, Nady O, Kovac G. Serum proteins and their diagnostic utility in veterinary medicine, a review. *Veterinarni Medicina*. 2016; 61(9):475—496. doi: 10.17221/19/2016-VETMED
3. Vatikov Y, Yousefi M, Engashev S, Rudenko P, Lutsay V, Kulikov E, et al. Clinical and hematological parameters for selecting the optimal dose of the phytopreparation «Deprim», containing an extract of the herb *Hypericum perforatum* L., in husbandry. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(Suppl.1):2731—2742. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP1.401
4. Buryakov NP, Khardik IV. Enzymatic preparation in feeding lactating cows. *Kombikorma*. 2019; (3):52—55. (In Russ.). doi: 10.25741/2413-287X-2019-03-3-054

- Буряков Н.П., Хардик И.В. Ферментный препарат в кормлении лактирующих коров // Комбикорма. 2019. № 3. С. 52—55. doi: 10.25741/2413-287X-2019-03-3-054
5. Norby B, Bartlett PC, Byrem TM, Erskine RJ. Effect of infection with bovine leukemia virus on milk production in Michigan dairy cows. *J Dairy Sci.* 2016; 99(3):2043—2052. doi: 10.3168/jds.2015-10089.
6. Rudenko P, Sachivkina N, Vatnikov Y, Shabunin S, Engashev S, Kontsevaya S, et al. Role of microorganisms isolated from cows with mastitis in Moscow region in biofilm formation. *Veterinary World.* 2021; 14(1):40—48. doi: 10.14202/vetworld.2021.40-48
7. Pauli AS, Fatkullin RR. Protein exchange in cows organism in conditions of technological agro-ecosystem. *Genetics and breeding animals.* 2019; (1):77—80. (In Russ.). doi: 10.31043/2410-2733-2019-1-77-80
- Паули А.С., Фаткуллин Р.Р. Белковый обмен в организме коров в условиях техногенной агроэко-системы // Генетика и разведение животных. 2019. № 1. С. 77—80. doi: 10.31043/2410-2733-2019-1-77-80
8. Vatnikov Y, Donnik I, Kulikov E, Karamyan A, Notina E, Bykova I, et al. Effectiveness of *Hypericum perforatum* L. phytosorbent as a part of complex therapy for acute non-specific bronchopneumonia. *International Journal of Pharmaceutical Research.* 2020; 12(Suppl.1):1108—1116. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP1.165
9. Roland L, Drillich M, Iwersen M. Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation.* 2014; 26(5):592—598. doi:10.1177/1040638714546490
10. Palikov VA, Palikova YA, Borozdina NA, Nesmeyanova EN, Rudenko PA, Kazakov VA, et al. A novel view of the problem of Osteoarthritis in experimental rat model. *Research Results in Pharmacology.* 2020; 6(2):19—25. doi: 10.3897/rrpharmacology.6.51772
11. Balykov VA. The productivity of bulls when using animal protein hydrolyzate as a feed additive. In: *Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with international participation «Actual problems of veterinary morphology and higher veterinary education».* Moscow; 2019. p.262—266. (In Russ.).
- Балыков В.А. Продуктивность бычков при применении в качестве кормовой добавки гидролизата животного белка // Сборник трудов Национальной научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы ветеринарной морфологии и высшего зооветеринарного образования». Москва, 2019. С. 262—266.
12. Denisenko VN, Balykov VA. Cicatricial digestion in calves when feeding a hydrolyzate of muscle tissue of mink. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology.* 2018; (12):112—116. (In Russ.).
- Денисенко В.Н., Балыков В.А. Рубцовое пищеварение у бычков при скармливании гидролизата мышечной ткани норки // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 12. С. 112—116.
13. Vatnikov Y, Donnik I, Kulikov E, Karamyan A, Sachivkina N, Rudenko P, et al. Research on the antibacterial and antimycotic effect of the phytopreparation Farnesol on biofilm-forming microorganisms in veterinary medicine. *International Journal of Pharmaceutical Research.* 2020; 12(Suppl.2):1481—1492. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.164
14. Rudenko PA, Rudenko AA, Vatnikov YA, Kuznetsov VI, Yagnikov SA. Clinical and biochemical parameters of blood in acute gastroenteritis in dogs. *Vestnik KrasGAU.* 2020; (7):133—139 (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2020-7-133-139
- 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
15. Ivanov A. Less concentrates, greater milk yields. *Animal Husbandry of Russia.* 2015; (12):42—43. (In Russ.).
- Иванов А. Снижаем долю концентратов — повышаем надой // Животноводство России. 2015. № 12. С. 42—43.
16. Mader TL, Griffin D. Management of Cattle Exposed to Adverse Environmental Conditions. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice.* 2015; 31(2):247—258. doi: 10.1016/j.cvfa.2015.03.006
17. Kalyuzhny II, Barinov ND, Korobov AV. *Metabolicheskie narusheniya u vysokoproduktivnykh korov* [Metabolic disorders of highly productive cows]. Saratov; 2010. (In Russ.).
- Калюжный И.И., Баринев Н.Д., Коробов А.В. Метаболические нарушения у высокопродуктивных коров. Саратов, 2010. 104 с.
18. Vatnikov Y, Shabunin S, Kulikov E, Karamyan A, Murylev V, Elizarov P, et al. The efficiency of therapy the piglets gastroenteritis with combination of Enrofloxacin and phytosorbent *Hypericum perforatum* L. *International Journal of Pharmaceutical Research.* 2020; 12(Suppl.2):3064—3073. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.373
19. Albulov AI, Denisenko VN, Samuilenko AY, Rogov RV, Abramov PN et al. *Sposob polucheniya belkovogo gidrolizata iz myasokostnogo syr'ya tushek no-rok dlya parenteral'nogo primeneniya* [A method for

obtaining a protein hydrolyzate from meat and bone raw materials of mink carcasses for parenteral use]. Patent RUS, no. 3 101202, 2014. (In Russ.).

Албулов А.И., Денисенко В.Н., Самуйленко А.Я., Рогов Р.В., Абрамов П.Н. и др. Способ получения белкового гидролизата из мясокостного сырья тушек норок для парентерального применения. Патент на изобретение № 3 101202. Приоритет от 15.04.13. Зарегистрирован 06.11.14.

20. Kondrakhin IP, Arkhipov AV, Levchenko VI, Talanov GA, Frolova LA, Novikov VE. *Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki* [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics]. Moscow: KolosS publ.; 2004. (In Russ.).

Кондрахин И.П., Архипов А.В., Левченко В.И., Таланов Г.А., Фролова Л.А., Новиков В.Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: КолосС, 2004. 519 с.

Об авторах:

Денисенко Виктор Николаевич — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: dvet@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-4704-0774

Балыков Виталий Анатольевич — аспирант кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: ginza17@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6689-4452

Рогов Роман Васильевич — кандидат биологических наук, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: r.v.rogov86@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3010-5714

Круглова Юлия Сабировна — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: y7272@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2953-0745

About authors:

Denisenko Viktor Nikolaevich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23 Akademika Skryabina st., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: dvet@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-4704-0774

Balykov Vitaliy Anatolyevich — PhD student, Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23 Akademika Skryabina st., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: ginza17@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6689-4452

Rogov Roman Vasilyevich — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Reproduction, Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23 Akademika Skryabina st., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: r.v.rogov86@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3010-5714

Kruglova Yuliya Sabirovna — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Reproduction, Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23 Akademika Skryabina st., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: y7272@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2953-0745

DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-3-382-391
УДК 619:636.7

Научная статья / Research article

Динамика показателей спинномозговой жидкости в послеоперационный период при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак

И.Ф. Вилковыский Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
✉ vilkovyskiy-if@rudn.ru

Аннотация. Динамика показателей спинномозговой жидкости в послеоперационный период при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак представляет собой важный диагностический аспект, позволяющий осуществлять контроль над изменением состояния животных после хирургического вмешательства. Точный анализ спинномозговой жидкости дает широкий спектр информации о неврологическом здоровье пациента. Оценка должна состоять из макроскопического, количественного и микроскопического анализов. Количество клеток является наиболее важным и потенциально чувствительным индикатором заболевания. Целью данного исследования было определение изменений в спинномозговой жидкости в течение послеоперационного периода при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза. В исследовании было 9 собак различных пород, в возрасте от 2 до 8 лет (опытная группа), в качестве контроля использовали показатели ликвора и периферической крови 3 здоровых беспородных собак полученных в результате диспансеризации в возрасте до 5 лет. Хирургическое вмешательство осуществляли по методу Б.П. Мей, Н. Бергкнут, заключающемуся в дорсальном доступе к дужкам позвонков L7-S1, диссекции мягких тканей, рассечении дорсальной связки, формировании каналов в краниальных суставных отростках S1, L7. От каждого животного трижды отбирали на исследование по три ликворограммы на 1—3-и сутки после операции, на 12—15-е и 27—30-е сутки после оперативного вмешательства. Исследование ликвора выполняли в течении 30 мин после взятия. В результате установлено, что клеточный состав ликвора собак в послеоперационный период коррекции пояснично-крестцового стеноза находился в пределах физиологической нормы, эритроциты в ликворе не были обнаружены. Количество ядросодержащих клеток у прооперированных собак было наибольшим в 1—3-и сутки после операции. На 12—15-е сутки цитоз в опытной и контрольной группе животных был больше на 1,17 кл/мкл. На 27—30-е сут после операции цитоз у собак в опытной группе был ниже, чем в контроле на 0,43 кл/мкл. Анализ спинномозговой жидкости может помочь в диагностической оценке состояния животных в постоперационный период. Однако следует учитывать, что результаты редко бывают специфичными для какого-либо конкретного состояния и должны интерпретироваться в свете клинических и дополнительных диагностических данных.

© Вилковыский И.Ф., 2022

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

Ключевые слова: собаки, дегенеративный пояснично-крестцовый стеноз, послеоперационный период, ликвор, периферическая кровь, цитоз клеток

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

История статьи: поступила в редакцию 20 апреля 2022 г., принята к публикации 12 мая 2022 г.

Для цитирования: Вилковьский 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

Dynamics of cerebrospinal fluid in correction of degenerative lumbosacral stenosis during the postoperative period in dogs

Ilya F. Vilkowysky 

RUDN University, Moscow, Russian Federation

✉ vilkovyskiy-if@rudn.ru

Abstract. Dynamics of cerebrospinal fluid parameters in postoperative period during correction of degenerative lumbosacral stenosis in dogs is an important diagnostic aspect that allows monitoring changes in the state of animals after surgery. An accurate analysis of cerebrospinal fluid provides a wide range of information about the patient's neurological health. The assessment should consist of macroscopic, quantitative and microscopic analyses. Cell count is the most important and potentially sensitive indicator of disease. The aim of this study was to determine changes in the cerebrospinal fluid during the postoperative period in the correction of degenerative lumbosacral stenosis. In the study, there were 9 dogs of various breeds, aged from 2 to 8 years (experimental group), the indicators of cerebrospinal fluid and peripheral blood of 3 healthy outbred dogs obtained as a result of medical examination at the age of up to 5 years were used as a control. Surgical intervention was carried out according to the B.P. Meij, N. Bergknot, which consists in dorsal access to the L7-S1 vertebral arches, soft tissue dissection, dissection of the dorsal ligament, formation of channels in the cranial articular processes of S1, L7. From each animal, three liquorograms were taken for examination three times on days 1—3 after surgery, on days 12—15 and 27—30 after surgery. The study of cerebrospinal fluid was performed within 30 minutes after taking. As a result of the data obtained, it was found that the cellular composition of the liquor of dogs in the postoperative period of correction of lumbosacral stenosis was within the physiological norm, erythrocytes in the cerebrospinal fluid were not detected. The number of nucleated cells in operated dogs was the highest on days 1—3 after surgery. On the 12th-15th day after the operation, cytolysis in the experimental and control groups of animals was 1.27 cells/ μ l more. On days 27—30 after surgery, cytolysis in dogs in the experimental group was lower by 0.45 cells/ μ l compared to the control. Analysis of cerebrospinal fluid can help in the diagnostic assessment of the condition of animals in the postoperative period. However, it should be borne in mind that results are rarely specific to any particular condition and should be interpreted in the light of clinical and additional diagnostic findings.

Keywords. Dogs, degenerative lumbosacral stenosis, postoperative period, cerebrospinal fluid, peripheral blood

Conflicts of interest. The authors declared that they have no conflict of interest.

Article history: Received 20 April 2022. Accepted 12 May 2022

For citation: Vilkowysky 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. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-382-391

Введение

Спинальная жидкость обладает высокой чувствительностью, но низкой специфичностью для выявления заболеваний, и возможные ее аномалии относительно ограничены, учитывая разнообразие существующих неврологических патологий у животных. При этом анализ спинномозговой жидкости не всегда имеет отклонения при неврологических заболеваниях, но иногда он помогает поставить точный диагноз [1]. В последние годы многочисленные исследования оценивали связанные с заболеванием изменения в составе спинномозговой жидкости, исследования которой могут дать представление о механизмах, лежащих в основе заболеваний, и определить значимые диагностические, прогностические и терапевтические биомаркеры [2].

В этой связи влияние показателей крови в сравнительном аспекте операционной и спонтанной травм, контроль течения постоперационного периода при различных оперативных вмешательствах у собак является важным аспектом, позволяющим вносить коррекцию в сопровождение постоперационного периода [3–5]. По этим причинам точный анамнез, физикальное и неврологическое обследование, корреляция показателей крови, спинномозговой жидкости, визуализирующие исследования и другие диагностические тесты необходимы для точной и правильной интерпретации изменений ликвора и контроля патологического состояния в каждом отдельном случае [6].

В исследованиях P. Moissonnier, S. Blot и др. [7] сообщается, что анализ цереброспинальной жидкости считается важной составляющей во время спинальной хирургии. Лейкоцитоз в люмбальной цереброспинальной жидкости может возникать в послеоперационном периоде, но механизм влияния нейрохирургии как таковой на количество клеток спинномозговой жидкости в поясничном отделе неизвестен [8].

Цель исследования — определить изменения в спинномозговой жидкости в течение послеоперационного периода при коррекции дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак.

Материалы и методы исследования

В исследовании было 9 собак различных пород, в возрасте от 2 до 8 лет (опытная группа), которым выполняли оперативное вмешательство по исправлению дегенеративного пояснично-крестцового стеноза, в качестве контроля использовали показатели ликвора и периферической крови 3 здоровых беспородных собак, полученных в результате диспансеризации в возрасте до 5 лет.

Операции выполняли под общим обезболиванием. Хирургическое вмешательство осуществляли по методу В.Р. Meij, N. Bergknot [9], заключающемуся в дорсальном доступе к дужкам позвонков L7-S1, диссекции мягких тканей, рассечении дорсальной связки, формировании каналов в краниальных суставных отростках S1, L7. В сформированные каналы билатерально устанавливали мультиаксиальные винты, которые соединяли с помощью балок. Затягивание гаек в винтах проводили в положении физиологической тракции L7-S1. Рану ушивали послойно.

От каждого животного трижды отбирали на исследование по три ликворограммы на 1—3-и сутки после операции, на 12—15, 27—30-е сут после оперативного вмешательства.

Ликвор у собак отбирали из люмбальной цистерны с соблюдением мер асептики и антисептики в объеме до 1 мл на 5 кг веса со скоростью не более 1 мл/30 с, первые 1—5 капель не отбирали в пробирки для удаления «путевой» крови. Пробы ликвора отбирали в две стерильные пробирки эппендорф. В первую пробирку отбирали ликвор для органолептического и биохимического исследования. Во вторую пробирку отбирали ликвор со стабилизатором (1 капля 10 % формалина на 1—2 мл ликвора) для определения цитоза. Исследование ликвора выполняли в течение 30 мин после взятия.

Мазок ликвора на цитоз выполняли по методике С. Rusbridge [10]. Для приготовления мазка ликвора применяли чистое предметное стекло, фильтровальную бумагу размером с предметное стекло с круглым отверстием, стерильный «инсулиновый» шприц, острое стерильное лезвие, две канцелярские скрепки. Далее носик шприца обрезали. Затем на предметное стекло укладывали фильтровальную бумагу с отверстием посередине стекла. Далее шприц устанавливали на фильтровальную бумагу так, чтобы просвет шприца совпадал с отверстием в фильтровальной бумаге, и конструкция фиксировалась канцелярскими скрепками. Свежий ликвор из эппендорфа медленно (по капле) переливали в цилиндр, при этом фильтровальная бумага впитывала в себя воду, а клетки задерживались на стекле в пределах прорезанного «окошка». Исходный объем ликвора для этой процедуры лимитирован влагоемкостью фильтровальной бумаги. Далее разбирали конструкцию, аккуратно снимали и утилизировали фильтровальную бумагу, высушивали готовый препарат на воздухе и окрашивали.

Для окрашивания мазка ликвора, постановки реакций Панди и Нонне-Апельта применяли специализированный набор реагентов для клинического анализа спинно-мозговой жидкости «Диахим-Ликвор» по ТУ 9398-067-27428909-2012 (ООО «НПФ «АБРИС+», Россия). Принцип применения набора «Диахим-Ликвор»: реактив Самсона предотвращает цитоз клеток в смесителе в течение нескольких часов; уксусная кислота, которая содержится в реактиве, растворяет эритроциты, фуксин окрашивает ядра клеток в интенсивный красный цвет, что облегчает счет клеток и их дифференцирование; качественная реакция Панди: общий белок с раствором фенола дает помутнение, интенсивность которого зависит от содержания общего белка; качественная реакция Нонне — Апельта: при взаимодействии глобулинов с насыщенным раствором серноокислого аммония появляется помутнение, интен-

сивність якого залежить від вмісту глобулінів (осаджуються такі білкові фракції, які залишаються не осадженими в реакції Панді).

Підрахунок клітин в мазках здійснювали в світловому мікроскопі Olympus-CX31 (Японія) при збільшенні 400× і в лічильній камері Фукса — Розенталя (Heinz Hergen, Німеччина).

Отримані результати піддали статистичній аналізі з використанням критерію достовірності Стюдента в програмі Microsoft Excel.

Результати дослідження і обговорення

Клінічне дослідження органолептичних характеристик ліквору собак після оперативної корекції L7–S1 пояснично-крестцового стенозу показало, що такі характеристики, як колір, ксантохромія, прозорість і фібринозна плівка, знаходилися в межах фізіологічної норми. Ліквор був безбарвним і прозорим, ксантохромія і фібринозна плівка не спостерігалися ні на 1–3-й, ні на 12–15-й, ні на 27–30-й дні після операції.

Для отримання відповідей, що дозволяють верифікувати вплив операційної травми на зміну біологічних рідин собак з даною патологією, слід шукати джерела змін в патогенезі захворювання. В цій зв'язі необхідно вказати, що дегенерація пояснично-крестцових дисків була виявлена гистопатологічно і при МРТ-дослідженнях у німецьких овчарок в віці одного року [11]. Це вказує на те, що в процес дегенерації пояснично-крестцового диска можуть бути залучені фактори крім механічної навантаження. Зниження живлення міжхребцевого диска внаслідок змін хребцевої кістки і хрящової замикальної пластинки є альтернативним поясненням дегенерації. Метаболізм диска залежить від дифузії рідини або з кісткового мозку тіл хребців через субхондральну кістку і хрящові замикальні пластинки, або через фіброзне кільце з оточуючих кровоносних судин. Морфологічні зміни в цих структурах можуть перешкодити нормальному живленню диска і викликати подальшу дегенерацію. Метаболізм клітин диска внаслідок порушення, і цілісність протеогліканів і концентрація води зменшують кількість життєздатних клітин. Незалежно від ініціюючого механізму, механічні і харчові фактори можуть сумуватися, і кінцевим результатом буде зміна функції диска для протидії прикладеним силам [12].

Дослідженнями встановлено, що зміни хімічного складу ліквору після оперативної корекції L7–S1 пояснично-крестцового стенозу собак показали, що реакції Панді і Нонне — Апельта залишалися негативними у тварин експериментальної і контрольної груп. Клінічний рівень загального білка на 1–3-й день після L7–S1 оперативного втручання був вище контрольної групи на 0,04 г/л ($P < 0,001$) з тенденцією до зменшення на 12–15-й дні після операції на 0,01 г/л ($P < 0,05$) і поверненням до початкових значень на 27–30-й дні після оперативного втручання. Вуглеводний обмін в лікворі собак

после оперативной коррекции L7–S1 пояснично-крестцового стеноза оставался на сопоставимом контрольной группе физиологическом уровне. Концентрации хлора и рН ликвора собак также были в пределах физиологической нормы при отсутствии осложнений в послеоперационный период (табл. 1).

Таблица 1

Результаты ликворограммы в течение послеоперационного периода (M±m, n=9)

Показатель	Референсные значения	Контрольная группа (n=3)	Опытная группа через сутки после операции		
			1–3	12–15	27–30
Органолептические свойства					
Цвет	Бесцветен	Бесцветен	Бесцветен	Бесцветен	Бесцветен
Ксантохромия	Отр	Отр	Отр	Отр	Отр
Прозрачность	Прозрачен	Прозрачен	Прозрачен	Прозрачен	Прозрачен
Фибринозная пленка	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Химические свойства					
Реакция Панди	Отр	Отр	Отр	Отр	Отр
Реакция Нонне – Аппельта	Отр	Отр	Отр	Отр	Отр
Белок, г/л	до 0,30	0,18±0,03	0,22±0,01*	0,21±0,02*	0,19±0,01
Глюкоза, ммоль/л	2,5...3,8	2,93±0,17	2,53±0,21	2,64±0,08	2,88±0,11
Хлор, ммоль/л	120...130	123,84±0,93	127,2±0,41	125,32±0,84	125,71±0,92
рН	7,3...7,5	7,44±0,07	7,45±0,04	7,43±0,01	7,44±0,03
Ликворограмма					
RBC, кл/мкл	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WBC, кл/мкл	до 6 кл/мкл	1,1 ±0,0	0,87 ±0,98	0,0	0,26 ±0,12
Лимфоциты, кл/мкл		0,0	1,07 ±0,11	1,86 ±0,05*	1,15 ±0,09
Нейтрофилы, кл/мкл		0,74 ±0,09	1,13 ±0,06	1,15 ±0,07	0,0
Моноциты, кл/мкл		0,0	0,0	0,0	0,0
			1,84	3,07	3,01

Примечание. * P < 0,001 (в сравнении с контрольной группой).

Table 1

Liquorogram results during the postoperative period (M±m, n=9)

Indicator	Reference values	Control group (n=3)	The experimental group one day after the operation		
			1–3	12–15	27–30
Organoleptic properties					
Color	Colorless	Colorless	Colorless	Colorless	Colorless
Xanthochromia	–	–	–	–	–
Transparency	Transparent	Transparent	Transparent	Transparent	Transparent
Fibrinous film	No	No	No	No	No
Chemical properties					
Pandey's reaction	–	–	–	–	–
Nonne-Appelt reaction	--	–	–	–	–

Indicator	Reference values	Control group (n=3)	The experimental group one day after the operation		
			1–3	12–15	27–30
Protein, g/l	up to 0.30	0.18±0.03	0.22±0.01*	0.21±0.02*	0.19±0.01
Glucose, mmol/l	2.5...3.8	2.93±0.17	2.53±0.21	2.64±0.08	2.88±0.11
Chlorine, mmol/l	120...130	123.84±0.93	127.2±0.41	125.32±0.84	125.71±0.92
pH	7.3...7.5	7.44±0.07	7.45±0.04	7.43±0.01	7.44±0.03
Liquorogram					
RBC, cells/ μ l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WBC, cells/ μ l	up to 6 cells/ μ l	1.1 ±0.0	0.87 ±0.98	0.0	0.26 ±0.12
Lymphocytes, cells/ μ l		0.0	1.07 ±0.11	1.86 ±0.05*	1.15 ±0.09
Neutrophils, cells/ μ l		0.74 ±0.09	1.13 ±0.06	1.15 ±0.07	0.0
Monocytes, cells/ μ l		0.0	0.0	0.0	0.0

Note. * P < 0.001 (compared to the control group).

Следует отметить, что одновременное сдавление нескольких, а в конечном итоге и всех пояснично-крестцовых корешков спинномозговых нервов может привести к развитию сложной клинической картины, называемой синдромом конского хвоста. Клинические признаки, сопровождающие синдром конского хвоста, могут различаться у каждого отдельного пациента, но полностью развившийся синдром характеризуется болями в пояснице, двусторонним ишиасом, седловидной гипестезией или анестезией, двигательной слабостью нижних конечностей, поражением анального, бульбокавернозного, медио-подошвенного и ахиллова сухожилий, двусторонними рефлексамии, дисфункцией сфинктеров прямой кишки и мочевого пузыря [13]. Клиническая картина напоминает таковую, наблюдаемую после повреждения мозгового конуса, однако за исключением того, что симптомы могут быть асимметричными [14].

Клинический клеточный состав ликвора собак в послеоперационный период коррекции L7–S1 пояснично-крестцового стеноза находился в пределах физиологической нормы. Красных клеток крови в спинномозговой жидкости обнаружено не было. Количество ядросодержащих клеток у прооперированных собак было наибольшим в 1–3-е сутки после операции, что на 1,23 кл/мкл больше по сравнению с контролем. На 12–15-е сутки после операции цитоз в опытной группе животных был больше контрольной на 1,17 кл/мкл. На 27–30-е сутки после операции цитоз у собак в опытной группе был ниже, чем в контроле на 0,43 кл/мкл.

В дополнение к механическим и алиментарным причинам дегенеративного пояснично-крестцового стеноза была предложена генетическая предрасположенность. Это особенно часто наблюдалось у породы немецких овчарок, где в нескольких исследованиях было указано, что наличие дегенеративного пояснично-крестцового стеноза превышает 20 % [15]. Генетическая предрасположенность наблюдалась в животной модели с использованием кроликов, у которых дегенеративное заболевание диска постоянно развивается в молодом возрасте. Таким образом, существует множество интерактивных факторов. Механические, травматические, пищевые

и генетические факторы могут играть роль в этиологии дегенеративного пояснично-крестцового стеноза, возможно, в разной степени у разных собак и пород [16].

Повышение уровня лейкоцитов отмечали на 27—30-е сутки после операции на 38,16 % ($P < 0,001$), а увеличение количества гранулоцитов на 23,17 % ($P < 0,001$) в сравнении с контрольной группой. Количество лимфоцитов было понижено в течение всего постоперационного периода. Их значение было меньше, чем в контрольной группе, на 1—3-й день на 38,59 % а на 27—30-й день на 41,81 %. Остальные показатели клинического анализа крови у собак без осложнений преимущественно снижались по сравнению с контролем. На этом фоне тромбоциты превышали показатель контрольной группы в 1,6...1,7 раза ($P < 0,001$), а моноциты — в 1,2...1,3 раза ($P < 0,001$) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты лейкограммы в течение послеоперационного периода ($M \pm m$)

Показатель	Референсные значения	Контрольная группа ($n=3$)	Опытная группа через сутки после операции		
			1–3	12–15	27–30
WBC, $\times 10^9/\text{л}$	6,0...16,8	9,8 \pm 0,21	15,23 \pm 0,89	14,49 \pm 0,73***	13,54 \pm 0,38***
PLT, $\times 10^9/\text{л}$	198,3...912,7	459,87 \pm 2,7	463,47 \pm 2,65***	475,63 \pm 6,14***	463,7 \pm 4,25***
Гранулоциты	46,3...86,7	61,8 \pm 0,67	73,58 \pm 1,52***	71,23 \pm 0,93***	76,12 \pm 1,29***
Моноциты,%	1,4...5,3	3,4 \pm 0,22	5,05 \pm 0,18***	4,41 \pm 0,74***	3,63 \pm 0,74***
Лимфоциты,%	21,7...41,0	34,8 \pm 1,89	21,37 \pm 0,64*	24,36 \pm 1,27*	20,25 \pm 1,42*

Примечание. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ (достоверность различий относительно контрольной группы).

Table 2

Leukogram results during the postoperative period ($M \pm m$)

Indicator	Reference values	Control group ($n=3$)	The experimental group one day after the operation		
			1–3	12–15	27–30
WBC, $\times 10^9/\text{l}$	6.0...16.8	9.8 \pm 0.21	15.23 \pm 0.89	14.49 \pm 0.73***	13.54 \pm 0.38***
PLT, $\times 10^9/\text{l}$	198.3...912.7	459.87 \pm 2.7	463.47 \pm 2.65***	475.63 \pm 6.14***	463.7 \pm 4.25***
Granulocytes	46.3...86.7	61.8 \pm 0.67	73.58 \pm 1.52***	71.23 \pm 0.93***	76.12 \pm 1.29***
Monocytes,%	1.4...5.3	3.4 \pm 0.22	5.05 \pm 0.18***	4.41 \pm 0.74***	3.63 \pm 0.74***
Lymphocytes,%	21.7...41.0	34.8 \pm 1.89	21.37 \pm 0.64*	24.36 \pm 1.27*	20.25 \pm 1.42*

Note. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ (significant differences compared to the control group).

Заключение

Результаты собственных исследований показали, что соблюдение правил асептики и антисептики при проведении оперативного вмешательства, а также строгое следование методике операции, позволяет осуществлять ее без риска ка-

кого-либо вплив на спинномозгову рідину. Динаміка показателів ліквора і периферическої крові знаходиться в межах фізіологічної норми, і коливання показателів демонструють певну залежність від течія післяопераційного періоду. Таким чином, встановлено, що оперативна корекція L7–S1 попереково-хрестцевого стенозу у собак не впливає негативно на склад ліквора і сприяє лише фізіологічному плейоцитозу в допустимих межах.

References / Библиографический список

1. Braund KG. Clinical neurology in small animal: localization, diagnosis and treatment. In: Braund, K.G. (ed.). Ithaca, New York: International Veterinary Information Service; 2003.
2. Pino MG, Ganguly R, Rich KA, Fox A, Mattox L, Keckley E, et al. Continual cerebrospinal fluid sampling in the neonatal domestic piglet for biomarker and discovery studies. *Journal of Neuroscience Methods*. 2022; 366:109403. doi: 10.1016/j.jneumeth.2021.109403
3. Vatnikov YA, Rotanov DA, Bazhibina EB. Analysis of structure and function of dogs' erythrocytes with trauma. *Veterinary medicine*. 2007; (2):44–48. (In Russ.).
Ватников Ю.А., Ротанов Д.А., Бажубина Е.Б. Анализ структуры и функции эритроцитов собак при спонтанной и операционной травме // Ветеринария. 2007. № 2. С. 44–48.
4. Vatnikov YA. *Immunokorreksiya reparativnogo osteogeneza u eksperimental'nykh zivotnykh* [Immunocorrection of reparative osteogenesis in experimental animals]. Moscow: RUDN publ.; 2009. (In Russ.).
Ватников Ю.А. Иммунокоррекция репаративного остеогенеза у экспериментальных животных. М.: РУДН, 2009. 214 с.
5. Vatnikov YA. Characteristics of hematopoiesis in multiple injuries in dogs. *Veterinary pathology*. 2012; (4):45–48. (In Russ.).
Ватников Ю.А. Характеристика кроветворения при множественных травмах у собак // Ветеринарная патология. 2012. № 4 (42). С. 45–48.
6. Terlizzi RD, Platt SR. The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: Part II—Analysis. *The Veterinary Journal*. 2009; 180(1):15–32. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.11.024
7. Moissonnier P, Blot S, Devauchelle P, Delisle F, Beuvon F, Boulha L, et al. Stereotactic CT-guided brain biopsy in the dog. *J Small Anim Pract*. 2002; 43(3):115–123. doi: 10.1111/j.1748-5827.2002.tb00041.x
8. Craven CL, Asif H, Curtis C, Thompson SD, D'Antona L, Ramos J, et al. Interpretation of lumbar cerebrospinal fluid leukocytosis after cranial surgery: The relevance of aseptic meningitis. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2020; 76:15–19. doi: 10.1016/j.jocn.2020.04.077
9. Meij BP, Bergknut N. Degenerative lumbosacral stenosis in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2010; 40(5):983–1009. doi: 10.1016/j.cvsm.2010.05.006
10. Rusbridge C. Collection and interpretation of cerebrospinal fluid in cats and dogs. *In Practice*. 1997; 19(6):322–331. doi:10.1136/inpract.19.6.322
11. 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. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2002; 38(6):555–562. doi: 10.5326/0380555
12. Modic MT, Ross JS. Lumbar degenerative disk disease. *Radiology*. 2007; 245(1):43–61. doi: 10.1148/radiol.2451051706
13. Floman Y, Wiesel SW, Rothman RH. Cauda equine syndrome presenting as a herniated lumbar disk. *Clin Orthop Rel Res*. 1980; 147:234–237.
14. Jaradeh S. Cauda equina syndrome: a neurologist's perspective. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 1993; 18:473–480.

15. 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. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2008; 21(3):285—293. doi: 10.1055/s-0037-1617374

16. Jeffery ND, Barker A, Harcourt-Brown T. What progress has been made in the understanding and treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs during the past 30 years? *The Veterinary Journal*. 2014; 201(1):9—14. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.04.018

Об авторе:

Вилковьский Илья Федорович— кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: vilkovyskiy-if@rudn.ru
ORCID: 0000-00030084-6383

About the author:

Vilkowsky Ilya Fedorovich—Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: vilkovyskiy-if@rudn.ru
ORCID: 0000-00030084-6383

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-392-405
УДК 619:618.96:569.822.2–086

Научная статья / Research article

Особенности клинической манифестации субкомпенсированного дисбактериоза кишечника кошек при оценке эффективности его коррекции

П.А. Руденко  , Е.Д. Сотникова , Е.А. Кротова ,
Н.В. Бабичев , С.Г. Друковский , Н.С. Бугров 

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 pavelrudenko76@yandex.ru

Аннотация. Формирование и размножение микробиома кишечника начинается с рождения, в то время как изменение его состава зависит главным образом от различных генетических, пищевых и экологических факторов. Приведены особенности клинической манифестации субкомпенсированного дисбактериоза кишечника кошек при оценке эффективности его коррекции. Исследования проведены на базе департамента ветеринарной медицины Российского университета дружбы народов, а клиническая часть работы выполнена на базе частных клиник ветеринарной медицины: «Аветтура», «Эпиона», «В мире с животными». Кошек в эксперимент подбирали по мере их поступления на первичный прием в ветклиники. Диагноз при подозрении на дисбактериоз кишечника ставили комплексно с учетом данных анамнеза, клинического осмотра, а также микробиологических исследований. Оценку степени тяжести дисбактериоза кишечника осуществляли на основании проведенных клинико-лабораторных исследований. В ходе исследования усовершенствованы клинико-диагностические подходы при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника у кошек, а на основании этого разработаны эффективные пути его коррекции. Показано, что при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника назначение пробиотика «Лактобифадола» в комплексе с пребиотиком «Ветелакт» и иммуномодулятором «Азоксивет» показывает наибольший терапевтический эффект, что приводит к общему клиническому улучшению уже на 5,5 сутки. О терапевтической эффективности схемы V_3 наглядно свидетельствует также позитивная динамика содержимого микробиоты кишечника и гематологических показателей крови в процессе проведения фармакокоррекции. Совершенствование клинико-диагностических подходов и прогнозирование при дисбактериозе кишечника у кошек различной степени тяжести, а также оценка эффективности его коррекции создают предпосылки для дальнейшего изучения дисбиотических нарушений кишечного тракта у других видов животных.

Ключевые слова: кошки, классификация дисбиоза, дисбактериоз кишечника, коррекция дисбиоза, пробиотики

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

© Руденко П.А., Сотникова Е.Д., Кротова Е.А., Бабичев Н.В., Друковский С.Г., Бугров Н.С., 2022



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

История статьи: поступила в редакцию 2 июня 2022 г., принята к публикации 7 июля 2022 г.

Для цитирования: Руденко П.А., Сотникова Е.Д., Кротова Е.А., Бабичев Н.В., Друковский С.Г., Бугров Н.С. Особенности клинической манифестации субкомпенсированного дисбактериоза кишечника кошек при оценке эффективности его коррекции // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 392—405. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-392-405

Features of the clinical manifestation of subcompensated intestinal dysbiosis in cats in assessing the effectiveness of its correction

Pavel A. Rudenko  , Elena D. Sotnikova , Elena A. Krotova ,
Nikolay V. Babichev , Stanislav G. Drukovsky , Nikolay S. Bugrov 

RUDN University, Moscow, Russian Federation

 pavelrudenko76@yandex.ru

Abstract. Formation and reproduction of gut microbiome begins at birth, while change in its composition depends mainly on various genetic, nutritional and environmental factors. The article considers the features of clinical manifestation of subcompensated intestinal dysbiosis in cats in assessing the effectiveness of its treatment. The studies were carried out on the basis of Department of Veterinary Medicine, RUDN University, and the clinical work was conducted at private veterinary clinics: ‘Avettura’, ‘Epiona’, ‘In the World with Animals’. Cats were selected for the experiment as they arrived at the initial appointment at veterinary clinics. The diagnosis of suspected intestinal dysbacteriosis was made considering anamnesis, clinical examination, and microbiological tests. The severity of intestinal dysbacteriosis was assessed on the results of clinical and laboratory studies. During the research, clinical and diagnostic approaches for subcompensated intestinal dysbacteriosis in cats were improved. Furthermore, effective ways of its treatment were developed. For subcompensated intestinal dysbacteriosis, administration of ‘Lactobifadol’ probiotic, ‘Vetelakt’ prebiotic and ‘Azoksivet’ immunomodulator showed the greatest therapeutic effect, which led to an overall clinical improvement in 5.50 days. Therapeutic efficacy of B_3 regimen was also clearly evidenced by the positive changes in intestinal microbiota and hematological blood parameters during the pharmacocorrection. Improvement of clinical diagnostic approaches, prognosis of intestinal dysbiosis of varying severity and treatment effectiveness in cats require will allow to study intestinal dysbiotic disorders in other animal species.

Key words: cats, classification of dysbiosis, intestinal dysbacteriosis, dysbiosis treatment, probiotics

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

Article history: Received 2 June 2022. Accepted 7 July 2022

For citation: Rudenko PA, Sotnikova ED, Krotova EA, Babichev NV, Drukovsky SG, Bugrov NS. Comprehensive assessment of *Krascheninnikovia ceratoides* L. development and its productive potential in reclaimed pastures of arid zone. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(1):392—405. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-392-405

Введение

Проблема дисбактериоза стала особенно актуальной у мелких домашних животных в связи с урбанизацией населения, ростом экономического и социального развития общества, при этом данный синдром является наиболее частым проявлением нарушений кишечного микробиома у животных [1—3]. Данная патология остается повседневной практикой ветеринарных учреждений и характеризуется разнообразием своего проявления, а также большим интересом со стороны научного сообщества [4, 5]. Постановка диагноза при дисбиозе кишечника представляет значительную трудность, поскольку данный синдром, не имея четкой клинической манифестации, зачастую признается врачом незначительным, при этом упускается из виду уже развивающийся патологический процесс [6—10]. В этой связи, несмотря на разнообразие причин как эндогенного, так и экзогенного характера, лежащих в основе количественного и качественного нарушения равновесия микробиома кишечника, его развитие всегда сопровождается увеличением условно патогенных микроорганизмов с усилением вирулентности и приобретением патогенных свойств на фоне уменьшения представителей индигенной микробиоты [5, 11—14].

Изучением дисбактериоза у животных занимались многие исследователи, которые изучили его распространение, ущерб и причины возникновения [15—17]. Отдельные авторы [18—20] высказывают предположение о негерметичности кишечника при дисбактериозе как иницирующем факторе микробной транслокации, которая приводит к патологическим последствиям различного генеза. Рядом исследователей установлено снижение разнообразия и богатства фекального микробиома при инфекционных и незаразных патологиях у кошек [3, 7, 11, 21—23]. Получены данные о механизмах формирования и прогрессирования дисбактериоза кишечника у кошек при различных формах хирургической инфекции [24, 25].

Отсутствуют научно обоснованные данные о диагностике тяжести течения дисбактериоза у кошек, не известны изменения качественного и количественного состава микробиоты кишечника, при коррекции не учитываются этиологические факторы его возникновения. Поэтому совершенствование клинико-диагностических методов при дисбактериозе различной степени тяжести и их коррекции являются актуальными в ветеринарной гастроэнтерологии.

Цель исследования — усовершенствовать клинико-диагностические подходы при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника у кошек и на основании особенностей клинической манифестации данной степени патологии, разработать пути его коррекции.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на базе департамента ветеринарной медицины Российского университета дружбы народов на протяжении 2018—2022 гг. Клиническая часть работы выполнена на базе частных клиник ветеринарной медицины: «Аветтура» (г. Москва, ул. Кантемировская, 16 к. 1), «Эпиона» (г. Москва, ул. Ореховый Проезд, д. 39, к. 2, стр. 3), «В мире с животными» (Московская

область, г. Серпухов, ул. Ворошилова, д. 32). Кошек в эксперимент подбирали по мере их поступления на первичный прием в ветклиники. Осмотр кошек и отбор биоматериала для исследований проводили в соответствии с Международными биоэтическими нормами, положениями IV Европейской Конвенции «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (ETS 123, 1986), а также законодательным документам РФ по проведению экспериментов на животных.

Диагноз при подозрении на дисбактериоз кишечника ставили комплексно с учетом данных анамнеза, клинического осмотра, а также микробиологических исследований. Оценка степени тяжести дисбактериоза кишечника (1-я степень — компенсированная; 2-я степень — субкомпенсированная; 3-я степень — декомпенсированная) осуществляли на основании проведенных клинико-лабораторных исследований. Контролем служили клинически здоровые особи ($n = 6$) в возрасте от 2 до 6 лет, смешанного пола, которых обследовали с согласия их владельцев перед плановой вакцинацией. Контрольных кошек кормили коммерческим сухим сбалансированным кормом для взрослых животных Purina Pro Plan три раза в день.

При проведении микробиологических исследований из отобранного материала, выделенного от кошек, с помощью пипетки Пастера посева производили на питательные среды. Для дрожжеподобных грибов использовали глюкозный агар Сабуро, для стафилококков — пептонно-солевую среду, желточно-солевой агар и МПА, для энтеробактерий — агар Эндо, среду Плоскирева и агар сульфита висмута, для бифидобактерий использовали среду Блаурокка, лактобактерий — обезжиренное молоко и MRS.

Количество микроорганизмов в $1,0 \text{ см}^3$ исходного материала C рассчитывали по формуле и выражали в логарифмах с основанием 10:

$$C = (N/V) \times K,$$

где N — среднее количество колоний в 1 бактериологической чашке; V — объем суспензии, который наносят во время посева на агар; K — кратность разведения.

Схема коррекции кошек с субкомпенсированным дисбактериозом ($n = 16$) приведена на рис. 1. Кошки с субкомпенсированным кишечным дисбактериозом (2-я степень тяжести) были рандомизировано разделены на три опытные группы: B_1 ($n = 5$); B_2 ($n = 5$) и B_3 ($n = 6$).

Животным всех опытных групп назначали пробиотик «Лактобифадол» (ООО Биотехнологическая фирма «Компонент») в дозе $0,2 \dots 0,4 \text{ г/кг}$ массы животного один раз в сутки в течение 10 дней. Пробиотик содержит в одном грамме препарата не менее $1,0 \times 10^6$ КОЕ живых клеток молочнокислых бактерий *Lactobacillus acidophilus* ЛГ1-ДЕП-ВГИКИ и $8,0 \times 10^7$ КОЕ живых клеток бифидобактерий *Bifidobacterium adolescentis* В-1-ДЕП-ВГНКИ. Животным 2-й опытной группы также применяли пребиотик «Ветелакт» (ООО «НВЦ Агроветзащита С-П») для нормализации микрофлоры кишечника и оптимизации процессов пищеварения, который назначали внутрь из расчета $0,1 \text{ мл}$ на 1 кг массы животного ежедневно в течение 14 дней. В состав пребиотика «Ветелакт»

в качестве действующего вещества входит лактулоза — не менее 50 %. Кошкам 3-й опытной группы, помимо «Ветелакта», был назначен иммуномодулятор «Азоксивет» (ООО «НВЦ Агрорезистент С-П»), который применяли п/к 1 раз в сутки на протяжении 7 дней в дозе 0,3 мг/кг. Иммуномодулятор «Азоксивет» обладает широким спектром биологической активности, повышает резистентность организма к условно патогенной и патогенной микрофлоре, стимулирует гуморальное звено иммунитета, кооперацию Т- и В-лимфоцитов, фагоцитарную активность макрофагов, повышает устойчивость клеточных мембран, активирует факторы врожденного иммунитета, восстанавливает иммунные реакции при иммунодефицитных состояниях.

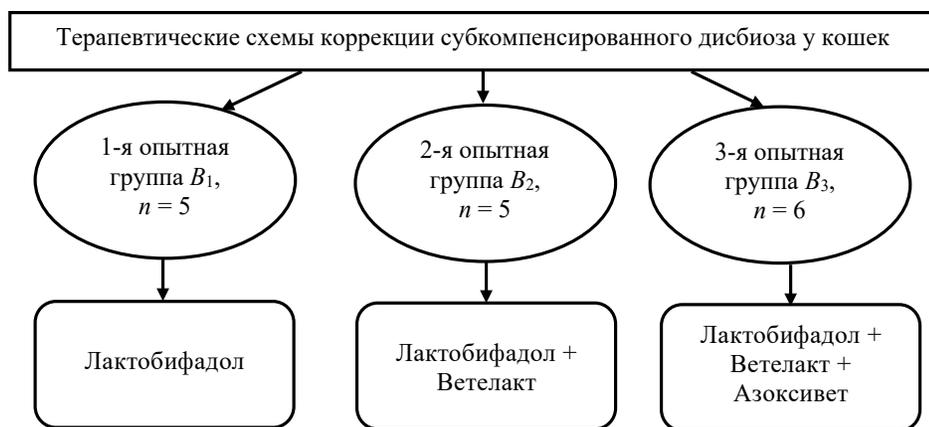


Рис. 1. Дизайн исследования

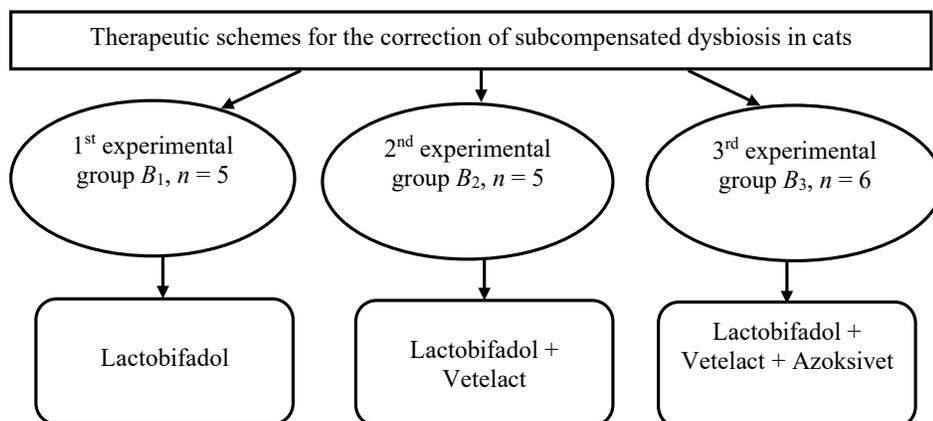


Fig. 1. Study Design

При проведении статистических расчетов предварительно оценивали нормальность распределения с помощью тестов Шапиро — Уилкса. Разницу показателей в динамике лечения оценивали с помощью Т-критерия Стьюдента для связанных выборок. Все расчеты делали на персональном компьютере с помощью статистической программы STATISTICA 7.0 (StatSoft, USA). Рассчитывали среднюю арифметическую Mean, среднеквадратическую ошибку SE, стандартное отклонение SD. Достоверность разницы показателей между показателями опытных групп рассчитывали по методу Манна — Уитни.

Результаты исследований и обсуждение

Триллионы микроорганизмов населяют организм, наиболее сильно колонизируя желудочно-кишечный тракт и превосходя числом наши собственные клетки. При этом общая численность микроорганизмов, которые обитают в различных биотопах макроорганизма (слизистые и кожные поверхности), достигает величины порядка 10^{15} КОЕ. Формирование и размножение микробиома кишечника начинается с рождения, в то время как изменение их состава зависит главным образом от различных генетических, пищевых и экологических факторов [8, 20].

При детальном анализе особенностей клинической манифестации кошек с дисбиозом кишечника у 16 из 46 больных кошек (34,8 %) регистрировали субкомпенсированный дисбактериоз кишечника, клиническими проявлениями которого были неприятный запах из ротовой полости (93,7 %), ухудшение аппетита, сухость кожи и слизистых оболочек (по 50,0 %). При анализе характера стула установлено, что у восьми животных (62,5 %) наблюдали запор, у пяти (31,3) — жидкие каловые массы, а у трех особей (6,3 %) регистрировали чередование запора и диареи. У кошек с несформированными мягкими каловыми массами частота дефекации составляла 3—4 раза в сутки. Признаки обезвоживания организма для этой стадии дисбактериоза являются незначительными. Клиническими методами у кошек с субкомпенсированным дисбактериозом кишечника в большинстве случаев выявляли незначительную слабость, также отмечали гипорексию при нормальной температуре тела. Согласно указанной клинической картине заболевания мы констатировали наличие средней тяжести течения кишечного дисбактериоза у кошек.

Итак, кошки с кишечным дисбактериозом второй степени рандомизировано разделены на три опытные группы: B_1 ($n = 5$); B_2 ($n = 5$) и B_3 ($n = 6$). Животным всех групп назначали пробиотик «Лактобифадол». Животным второй опытной группы также применяли кормовую добавку «Ветелакт» для нормализации микрофлоры кишечника и оптимизации процессов пищеварения. Кошкам третьей группы помимо «Ветелакта» был назначен иммуномодулятор «Азоксивет». Эффективность фармакотерапии дисбактериоза кишечника 2-й степени тяжести приведена в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность коррекции дисбактериоза кишечника 2-й степени тяжести у кошек

Группы животных	Пул клинических симптомов в процессе терапии, сут.			
	Нормализация аппетита	Нормализация запаха из рот. полости	Нормализация фекалий	Общее клиническое улучшение
1-я опытная группа B_1 , $n = 5$	7,60±0,40	4,80±0,37	4,40±0,24	8,20±0,37
2-я опытная группа B_2 , $n = 5$	7,00±0,31	4,40±0,24	4,20±0,20	7,60±0,24
3-я опытная группа B_3 , $n = 6$	4,50±0,22***	3,33±0,21**	3,16±0,16**	5,50±0,22***

Примечание. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Table 1

The effectiveness of grade 2 intestinal dysbacteriosis treatment in cats

Animal groups	Pool of clinical symptoms during therapy, days			
	Appetite normalization	Normalization of odor from the oral cavity	Normalization of faeces	General clinical improvement
1 experimental group B_1 , $n=5$	7.60±0.40	4.80±0.37	4.40±0.24	8.20±0.37
2 experimental group B_2 , $n=5$	7.00±0.31	4.40±0.24	4.20±0.20	7.60±0.24
3 experimental group B_3 , $n=6$	4.50±0.22***	3.33±0.21**	3.16±0.16**	5.50±0.22***

Note. ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$

В таблице показано, что все три схемы терапии являются эффективными, о чем свидетельствует общее улучшение состояния животных опытных групп B_1 , B_2 и B_3 на $8,20 \pm 0,37$ сутки, $7,60 \pm 0,24$ сутки и $5,50 \pm 0,22$ сутки соответственно.

Представленные данные говорят о том, что наиболее эффективной схемой фармакотерапии субкомпенсированного дисбактериоза кишечника у кошек является B_3 . Так, у животных, которых лечили по данной схеме, наступала нормализация аппетита на 3,1 суток ($p < 0,001$), нормализация неприятного запаха из ротовой полости — на 1,47 суток ($p < 0,01$), нормализация фекалий — на 1,24 суток ($p < 0,01$), а также общее клиническое улучшение на 2,7 суток ($p < 0,001$) раньше, чем у кошек первой опытной группы.

Результаты количественного сопоставления основной микробиоты кишечного тракта, изолированной от кошек с субкомпенсированным дисбактериозом кишечника, в процессе их терапии приведены в табл. 2.

Сопоставление микробиоты кишечного тракта, изолированной от кошек с субкомпенсированным дисбактериозом, в процессе их терапии, Ig

Род микроорганизма	Здоровые кошки (n = 6)	Схема	n	До терапии	В процессе фармакокоррекции	
					7-й день	14-й день
<i>Lactobacillus sp. p.</i>	8,70±0,27	B ₁	5	6,16±0,30	7,33±0,32*	8,09±0,25**
		B ₂	5	6,03±0,24	8,78±0,34***	9,62±0,37***
		B ₃	6	4,29±1,38	8,59±0,31*	9,39±0,21**
<i>Bifidobacterium sp. p.</i>	9,35±0,42	B ₁	5	5,69±0,37	7,27±0,21**	9,20±0,22***
		B ₂	5	2,56±1,06	8,18±0,61**	9,61±0,36***
		B ₃	6	2,49±1,14	9,09±0,26***	9,81±0,35***
<i>Staphylococcus sp. p.</i>	3,23±0,88	B ₁	5	5,04±1,32	3,91±1,00	3,20±0,80
		B ₂	5	2,81±1,72	2,19±0,95	1,44±0,72
		B ₃	6	3,49±1,57	2,05±0,93	1,39±0,64
<i>Streptococcus sp. p.</i>	2,56±0,85	B ₁	5	4,13±1,23	2,96±0,91	2,44±0,78
		B ₂	5	5,49±1,38	3,10±0,83	2,44±0,64
		B ₃	6	4,30±1,39	2,68±0,86	2,11±0,68
<i>Escherichia sp. p.</i>	6,19±0,41	B ₁	5	7,25±0,55	7,79±0,33	8,09±0,25
		B ₂	5	7,05±0,22	7,99±0,26*	8,25±0,22**
		B ₃	6	5,98±1,20	7,79±0,26	7,85±0,24
<i>Enterobacter sp. p.</i>	2,19±1,04	B ₁	5	3,99±1,18	3,34±1,01	2,62±0,83
		B ₂	5	1,10±1,10	1,47±0,90	1,36±0,83
		B ₃	6	5,69±0,37	3,40±0,35**	2,43±0,32***
<i>Bacillus sp. p.</i>	1,32±0,86	B ₁	5	1,67±1,07	1,60±1,01	1,58±0,99
		B ₂	5	2,46±1,51	1,94±0,83	1,80±0,77
		B ₃	6	1,10±1,10	1,53±0,97	1,58±1,00
<i>Candida sp. p.</i>	1,35±0,86	B ₁	5	4,68±0,81	2,84±0,41	1,45±0,42**
		B ₂	5	0	0	0
		B ₃	6	2,05±1,30	0,63±0,43	0,36±0,23

Примечание. * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001.

Table 2

Comparison of the microbiota of the intestinal tract, isolated from cats with subcompensated dysbacteriosis, during the therapy (Ig)

Genus of microorganism	Healthy cats (n=6)	Scheme	n	Before therapy	During the pharmacorrection	
					Day 7	Day 14
<i>Lactobacillus sp. p.</i>	8.70±0.27	B ₁	5	6.16±0.30	7.33±0.32*	8.09±0.25**
		B ₂	5	6.03±0.24	8.78±0.34***	9.62±0.37***
		B ₃	6	4.29±1.38	8.59±0.31*	9.39±0.21**

Genus of microorganism	Healthy cats (n=6)	Scheme	n	Before therapy	During the pharmacorrection	
					Day 7	Day 14
<i>Bifidobacterium sp. p.</i>	9.35±0.42	<i>B</i> ₁	5	5.69±0.37	7.27±0.21**	9.20±0.22***
		<i>B</i> ₂	5	2.56±1.06	8.18±0.61**	9.61±0.36***
		<i>B</i> ₃	6	2.49±1.14	9.09±0.26***	9.81±0.35***
<i>Staphylococcus sp. p.</i>	3.23±0.88	<i>B</i> ₁	5	5.04±1.32	3.91±1.00	3.20±0.80
		<i>B</i> ₂	5	2.81±1.72	2.19±0.95	1.44±0.72
		<i>B</i> ₃	6	3.49±1.57	2.05±0.93	1.39±0.64
<i>Streptococcus sp. p.</i>	2.56±0.85	<i>B</i> ₁	5	4.13±1.23	2.96±0.91	2.44±0.78
		<i>B</i> ₂	5	5.49±1.38	3.10±0.83	2.44±0.64
		<i>B</i> ₃	6	4.30±1.39	2.68±0.86	2.11±0.68
<i>Escherichia sp. p.</i>	6.19±0.41	<i>B</i> ₁	5	7.25±0.55	7.79±0.33	8.09±0.25
		<i>B</i> ₂	5	7.05±0.22	7.99±0.26*	8.25±0.22**
		<i>B</i> ₃	6	5.98±1.20	7.79±0.26	7.85±0.24
<i>Enterobacter sp. p.</i>	2.19±1.04	<i>B</i> ₁	5	3.99±1.18	3.34±1.01	2.62±0.83
		<i>B</i> ₂	5	1.10±1.10	1.47±0.90	1.36±0.83
		<i>B</i> ₃	6	5.69±0.37	3.40±0.35**	2.43±0.32***
<i>Bacillus sp. p.</i>	1.32±0.86	<i>B</i> ₁	5	1.67±1.07	1.60±1.01	1.58±0.99
		<i>B</i> ₂	5	2.46±1.51	1.94±0.83	1.80±0.77
		<i>B</i> ₃	6	1.10±1.10	1.53±0.97	1.58±1.00
<i>Candida sp. p.</i>	1.35±0.86	<i>B</i> ₁	5	4.68±0.81	2.84±0.41	1.45±0.42**
		<i>B</i> ₂	5	0	0	0
		<i>B</i> ₃	6	2.05±1.30	0.63±0.43	0.36±0.23

Note. * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.

Представленные данные свидетельствуют о том, что при фармакотерапии животных опытных групп *B*₁, *B*₂ и *B*₃ уже на 7-е сутки в пробах фекалий наблюдается достоверное увеличение лакто- и бифидобактерий. Так, при терапии животных схемой *B*₁ на 7-е сутки наблюдается достоверное увеличение представителей: *Lactobacillus sp. p.* в 1,18 раза ($p < 0,05$), а представителей *Bifidobacterium sp. p.* — в 1,27 раза ($p < 0,01$). В пробах фекалий кошек группы *B*₂ уже на 7-е сутки регистрировали достоверное увеличение лактобактерий в 1,45 раза ($p < 0,001$), с $6,03 \pm 0,24$ до $8,78 \pm 0,34$ lg и бифидобактерий в 3,19 раза ($p < 0,01$), с $2,56 \pm 1,06$ до $8,18 \pm 0,61$ lg, при сравнении с исходными данными. У животных опытной группы *B*₃ на 7-е сутки фармакотерапии в отобранном материале регистрировали достоверное увеличение лактобактерий в 2,00 раза ($p < 0,05$), с $4,29 \pm 1,38$ до $8,59 \pm 0,31$ lg и бифидофлоры в 3,65 раза ($p < 0,001$), с $2,49 \pm 1,14$ до $9,09 \pm 0,26$ lg.

Необходимо отметить, что на 14 сутки фармакокоррекции наиболее эффективная дальнейшая нормализация кишечной микробиоты наблюдалась у животных *B*₃ опытной группы: высокодостоверное ($p < 0,001$) увеличение представителей *Lactobacillus sp. p.* и *Bifidobacterium sp. p.* в 2,18 и 3,93 раза соответственно. Кроме этого, у животных *B*₃

группы на 14-е сутки терапии в пробах фекалий наблюдали отсутствие псевдомонад, клебсиелл и протей, что также свидетельствует об ее эффективности.

Динамика гематологических показателей крови кошек при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника в процессе терапии приведена в табл. 3.

Таблица 3

Динамика гематологических показателей крови кошек при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника в процессе терапии

Показатели	Здоровые кошки (n = 6)	Схема	n	До терапии	В процессе фармакокоррекции	
					7 день	14 день
Гемоглобин, г/л	145,83±3,78	B ₁	5	117,20±3,15	119,20±2,95	124,80±3,12
		B ₂	5	109,40±3,52	113,60±3,20	119,80±3,33
		B ₃	6	107,33±4,01	127,50±2,43**	140,33±3,43***
СОЭ, мм/ч	3,50±0,42	B ₁	5	14,80±2,13	12,00±1,73	8,80±1,06*
		B ₂	5	17,60±1,36	13,60±1,07	7,00±0,70***
		B ₃	6	14,66±1,02	4,50±0,42***	3,50±0,42***
НЭК, усл. ед.	0,24±0,03	B ₁	5	1,28±0,21	1,02±0,17	0,71±0,10*
		B ₂	5	1,61±0,13	1,19±0,10*	0,58±0,06***
		B ₃	6	1,37±0,11	0,35±0,03***	0,24±0,03***
Лейкоциты, Г/л	8,38±0,59	B ₁	5	12,20±0,89	11,58±0,85	9,94±0,61
		B ₂	5	13,50±0,65	12,48±0,70	9,36±0,32***
		B ₃	6	12,63±0,72	8,73±0,41***	8,43±0,32***

Примечание. * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001.

Table 3

Dynamics of hematological blood parameters in cats with subcompensated intestinal dysbacteriosis during therapy

Indicators	Healthy cats (n=6)	Scheme	n	Before therapy	During the pharmacorrection	
					Day 7	Day 14
Hemoglobin, g/l	145.83±3.78	B ₁	5	117.20±3.15	119.20±2.95	124.80±3.12
		B ₂	5	109.40±3.52	113.60±3.20	119.80±3.33
		B ₃	6	107.33±4.01	127.50±2.43**	140.33±3.43***
SRE, mm/h	3.50±0.42	B ₁	5	14.80±2.13	12.00±1.73	8.80±1.06*
		B ₂	5	17.60±1.36	13.60±1.07	7.00±0.70***
		B ₃	6	14.66±1.02	4.50±0.42***	3.50±0.42***
LEC, arb. units	0.24±0.03	B ₁	5	1.28±0.21	1.02±0.17	0.71±0.10*
		B ₂	5	1.61±0.13	1.19±0.10*	0.58±0.06***
		B ₃	6	1.37±0.11	0.35±0.03***	0.24±0.03***
Leukocytes, g/l	8.38±0.59	B ₁	5	12.20±0,89	11.58±0,85	9.94±0,61
		B ₂	5	13.50±0,65	12.48±0,70	9.36±0,32***
		B ₃	6	12.63±0,72	8.73±0,41***	8.43±0,32***

Note. * – p < 0.05; ** – p < 0.01; *** – p < 0.001.

Показано, что при терапии животных по схеме B_1 достоверные изменения гематологических показателей в крови наблюдается лишь на 14-й день исследования, а именно снижение СОЭ в 1,68 раза ($p < 0,05$), с $14,80 \pm 2,13$ до $8,80 \pm 1,06$ мм/ч и НЭК в 1,80 раза ($p < 0,05$), с $1,28 \pm 0,21$ до $0,71 \pm 0,10$ мм/ч.

При терапии субкомпенсированного дисбактериоза кишечника у кошек по схеме B_2 регистрировали высокодостоверные снижения следующих гематологических показателей на 14-й день исследования: показателей скорости оседания эритроцитов в 2,51 раза ($p < 0,001$), с $17,60 \pm 1,36$ до $7,00 \pm 0,70$ мм/ч; нагрузочного эритроцитарного коэффициента в 2,77 раза ($p < 0,001$), с $1,61 \pm 0,13$ до $0,58 \pm 0,06$ усл. ед.; уровня лейкоцитов в 1,44 раза ($p < 0,001$), с $13,50 \pm 0,65$ до $9,36 \pm 0,32$ Г/л, при сравнении с показателями животных до коррекции.

Данные табл. 3 также показывают, что при фармакотерапии по наиболее эффективной схеме B_3 в крови опытных животных уже на 7-е сутки лечения отмечали достоверное увеличение уровня гемоглобина в 1,18 раза ($p < 0,01$), с $107,33 \pm 4,01$ до $127,50 \pm 2,43$ г/л, которое регистрировали на фоне высокодостоверного ($p < 0,001$) снижения уровня лейкоцитов, показателя СОЭ и НЭК в 1,44; 3,25 и 3,91 раза соответственно, при сравнении с первоначальными данными. На 14-е сутки у кошек, которым применяли схему B_3 наблюдали дальнейшую позитивную динамику стабилизации гематологических показателей: высокодостоверное увеличение уровня гемоглобина в 1,30 раза ($p < 0,001$); снижение уровня лейкоцитов в 1,49 раза ($p < 0,001$), показателей СОЭ в 4,18 раза и НЭК в 5,70 раза ($p < 0,001$), при сравнении с кошками до проведения терапии.

Таким образом, при субкомпенсированном дисбактериозе кишечника у кошек назначение пробиотика «Лактобифадола» в комплексе с препаратами «Ветелакт» и «Азоксивет» показывает наибольший терапевтический эффект, что приводит к общему клиническому улучшению состояния животных уже на $5,50 \pm 0,22$ суток. При этом нормализация аппетита, неприятного запаха из ротовой полости и характера фекальных масс наступает у кошек группы B_3 на 3,1 суток ($p < 0,001$), 1,47 суток ($p < 0,01$) и 1,24 суток ($p < 0,01$) раньше, при сравнении с животными, которым применяли лишь пробиотик «Лактобифадол».

Заключение

При субкомпенсированном дисбактериозе кишечника назначение пробиотика «Лактобифадола» в комплексе с пребиотиком «Ветелакт» и иммуномодулятором «Азоксивет» показывает наибольший терапевтический эффект, что приводит к общему клиническому улучшению уже на 5,50 суток. При этом нормализация аппетита, галитоза и характера фекальных масс наступает у кошек группы B_3 (животные которой получали «Лактобифадол», «Ветелакт» и «Азоксивет») на 3,1; 1,47 и 1,24 суток соответственно раньше, по сравнению с животными, которым применяли лишь «Лактобифадол». О терапевтической эффективности схемы B_3 наглядно свидетельствуют также позитивная динамика содержимого микробиоты кишечника и гематологических показателей крови в процессе проведения фармакокоррекции.

В этой связи рекомендуем при терапии субкомпенсированного дисбактериоза кишечника у кошек использовать пробиотик «Лактобифадол», в дозе 0,2...0,4 г/кг массы 1 раз в сутки в течение 10 дней; пребиотик «Ветелакт», из расчета 0,1 мл на 1 кг массы ежедневно в течение 14 дней, а также иммуномодулятор «Азоксивет», п/к 1 раз в сутки на протяжении 7 дней, в дозе 0,3 мг/кг. Совершенствование клинико-диагностических подходов и прогнозирование при дисбиозе кишечника у кошек различной степени тяжести, а также оценка эффективности его коррекции создают предпосылки для дальнейшего изучения дисбиотических нарушений кишечного тракта у других видов животных.

Библиографический список / References

1. Marks SL, Rankin SC, Byrne BA, Weese JS. Enteropathogenic bacteria in dogs and cats: diagnosis, epidemiology, treatment, and control. *J Vet Intern Med*. 2011; 25(6):1195—1208. doi: 10.1111/j.1939-1676.2011.00821.x
2. Rudenko PA, Rudenko AA, Vatikov YA, Kuznetsov VI, Yagnikov SA. Clinical and biochemical parameters of blood in acute gastroenteritis in dogs. *Bulletin of KSAU*. 2020; (7):133—139. (In Russ.). doi: 0.36718/1819-4036-2020-7-133-139
3. 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
4. Wang PX, Deng XR, Zhang CH, Yuan HJ. Gut microbiota and metabolic syndrome. *Chin Med J*. 2020; 133(7):808—816. doi: 10.1097/CM9.0000000000000696
5. Virili C, Fallahi P, Antonelli A, Benvenga S, Centanni M. Gut microbiota and Hashimoto's thyroiditis. *Rev Endocr Metab Disord*. 2018; 19(4):293—300. doi: 10.1007/s11154-018-9467-y
6. Zeltser N, Meyer I, Hernandez GV, Trahan MJ, Fanter RK, Abo-Ismael M, et al. Neurodegeneration in juvenile Iberian pigs with diet-induced nonalcoholic fatty liver disease. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2020; 319(3):592—606. doi: 10.1152/ajpendo.00120.2020
7. Singh VP, Fontaine MA, Mangat R, Fohse JM, Diane A, Willing BP, et al. High vaccenic acid content in beef fat attenuates high fat and high carbohydrate western diet induced changes in lipid metabolism and gut microbiota in pigs. *Microorganisms*. 2021; 9(12):2517. doi: 10.3390/microorganisms9122517
8. Rudenko P, Vatikov Y, Engashev S, Kvochko A, Notina E, Bykova I, et al. The role of lipid peroxidation products and antioxidant enzymes in the pathogenesis of aseptic and purulent inflammation in cats. *J Adv Vet Anim Res*. 2021; 8(2):210—217. doi: 10.5455/javar.2021.h504
9. Suchodolski JS. Companion animals symposium: microbes and gastrointestinal health of dogs and cats. *J Anim Sci*. 2011; 89(5):1520—1530. doi: 10.2527/jas.2010-3377
10. Vemuri R, Gundamaraju R, Eri R. Role of lactic acid probiotic bacteria in IBD. *Curr Pharm Des*. 2017; 23(16):2352—2355. doi: 10.2174/1381612823666170207100025
11. Suchodolski JS. Diagnosis and interpretation of intestinal dysbiosis in dogs and cats. *Vet J*. 2016; 215:30—37. doi: 10.1016/j.tvjl.2016.04.011
12. Moon CD, Young W, Maclean PH, Cookson AL, Bermingham EN. Metagenomic insights into the roles of *Proteobacteria* in the gastrointestinal microbiomes of healthy dogs and cats. *Microb Open*. 2018; 7(5):e00677. doi: 10.1002/mbo3.677
13. Older CE, Gomes MOS, Hoffmann AR, Policano MD, Reis CACD, Carregaro AB, et al. Influence of the FIV status and chronic gingivitis on feline oral microbiota. *Pathogens*. 2020; 9(5):383. doi: 10.3390/pathogens9050383
14. Vatikov Y, Shabunin S, Kulikov E, Karamyan A, Murylev V, Elizarov P, et al. The efficiency of therapy the piglets gastroenteritis with combination of Enrofloxacin and phytosorbent *Hypericum perforatum* L. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(Suppl.2):3064—3073. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.373
15. Peirce JM, Alviña KJ. The role of inflammation and the gut microbiome in depression and anxiety. *Journal of Neuroscience Research*. 2019; 97(10):1223—1241. doi: 10.1002/jnr.24476
16. Rudenko PA. Modern approaches to the fight against purulent-inflammatory processes in small domestic animals. *Russian Veterinary Journal*. 2016; (3):26—29. (In Russ.).

Руденко П.А. Современные подходы к борьбе с гнойно-воспалительными процессами у мелких домашних животных // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. 2016. № 3. С. 26—29.

16. Durack J, Lynch SV. The gut microbiome: Relationships with disease and opportunities for therapy. *J Exp Med.* 2019; 216(1):20—40. doi: 10.1084/jem.20180448

17. Mohajeri MH, La Fata G, Steinert RE, Weber P. Relationship between the gut microbiome and brain function. *Nutr Rev.* 2018; 76(7):481—496. doi: 10.1093/nutrit/nuy009

18. Weersma RK, Zhernakova A, Fu J. Interaction between drugs and the gut microbiome. *Gut.* 2020; 69(8):1510—1519. doi: 10.1136/gutjnl-2019-320204

19. Xiao X, Cheng Y, Fu J, Lu Z, Wang F, Jin M, et al. Gut immunity and microbiota dysbiosis are associated with altered bile acid metabolism in LPS-challenged piglets. *Oxid Med Cell Longev.* 2021; 2:6634821. doi: 10.1155/2021/6634821

20. Suchodolski JS. Analysis of the gut microbiome in dogs and cats. *Vet Clin Pathol.* 2021; 50(S1):6—17. doi: 10.1111/vcp.13031

21. Kathrani A, Fascetti AJ, Larsen JA, Maunder C, Hall EJ. Whole-blood taurine concentrations in cats with intestinal disease. *J Vet Intern Med.* 2017; 31(4):1067—1073. doi: 10.1111/jvim.14773

22. Yu LC. Microbiota dysbiosis and barrier dysfunction in inflammatory bowel disease and colorectal cancers: exploring a common ground hypothesis. *J Biomed Sci.* 2018; 25(1):79. doi: 10.1186/s12929-018-0483-8

23. Zhang Y, Wang Y, Chen D, Yu B, Zheng P, Mao X, Luo Y, Li Y, He J. Dietary chlorogenic acid supplementation affects gut morphology, antioxidant capacity and intestinal selected bacterial populations in weaned piglets. *Food Funct.* 2018; 9(9):4968—4978. doi: 10.1039/c8fo01126e

24. Rudenko P, Vatnikov Y, Sachivkina N, Rudenko A, Kulikov E, Lutsay V, et al. Search for promising strains of probiotic microbiota isolated from different biotopes of healthy cats for use in the control of surgical infections. *Pathogens.* 2021; 10(6):667. doi: 10.3390/pathogens10060667

25. Rudenko PA. Lipid peroxidation and antioxidant system activity in cats with inflammatory processes. *Veterinary.* 2016; (10):45—48. (In Russ.).

Руденко П.А. Интенсивность перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы кошек при гнойно-воспалительных процессах // Ветеринария. 2016. № 10. С. 45—48.

Об авторах:

Руденко Павел Анатольевич — доктор ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: pavelrudenko76@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-0418-9918

Сотникова Елена Дмитриевна — кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: sotnikova-ed@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1253-1573

Кротова Елена Александровна — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: krotova-ea@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1771-6091

Бабичев Николай Валерьевич — кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: babichev-nv@rudn.ru
ORCID: 0000-0001-8444-8600

Друкковский Станислав Геннадиевич — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: drukovskiy-sg@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-2556-6636

Бугров Николай Сергеевич — аспирант департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: bugr24-8@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4116-0620

About authors:

Pavel A. Rudenko— Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: pavelrudenko76@yandex.ru
ORCID ID 0000-0002-0418-9918

Elena D. Sotnikova— Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: sotnikova-ed@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1253-1573

Elena A. Krotova— Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: krotova-ea@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1771-6091

Nikolay V. Babichev— Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: babichev-nv@rudn.ru
ORCID: 0000-0001-8444-8600

Stanislav G. Drukovsky— Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: drukovskiy-sg@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-2556-6636

Nikolay S. Bugrov— PhD student, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: bugr24-8@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4116-0620

DOI: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-406-415
УДК 636.2.085.16:616.15

Научная статья / Research article

Динамика гематологических показателей коров на фоне применения в рационе источника биологически активных веществ

Т.В. Слащилина¹  , И.Т. Шапошников¹ , А.В. Аристов¹ ,
О.М. Мармурова¹ , В.Н. Коцарев² 

¹Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I,
г. Воронеж, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии,
фармакологии и терапии, г. Воронеж, Российская Федерация
 stv-8181@mail.ru

Аннотация. Исследование направлено на поиск средств и методов защиты коров от техногенного воздействия на их здоровье в экологически неблагоприятных районах, приводящего к изменениям метаболического профиля животных, различным патологическим состояниям и снижению устойчивости к вирусным и бактериальным инфекциям. Цель исследования — изучение влияния аминоселеферона-Б на гематологические показатели и белковый метаболизм коров с иммунным дефицитом при техногенной нагрузке, вызванной продуктами химической промышленности по производству минеральных удобрений. Для исследований выбран район Воронежской области, в границах которого расположено предприятие по изготовлению минеральных удобрений. Исследования выполнены в условиях промышленного животноводческого комплекса на 20 высокопродуктивных молочных коровах с вторичным иммунодефицитным состоянием, находящихся в зоне воздействия химических выбросов в атмосферу. Были сформированы две группы животных. Коровы, вошедшие в первую группу, служили в качестве контроля. Коровам второй группы вводили аминоселеферон-Б. Выявлено, что нахождение коров в условиях техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к уменьшению количества общего белка, изменению фракционного состава крови, что негативно влияет на течение физиологических процессов в организме. Недостаточное содержание в крови α - и γ -глобулиновых фракций свидетельствует об ингибировании факторов естественной резистентности коров. На негативную реакцию организма животных на воздействие токсинов указывает значительное увеличение в крови уровня β -глобулинов. Установлено, что применение аминоселеферона-Б коровам оказывало корректирующее действие на морфологические показатели крови и белковый обмен,

© Слащилина Т.В., Шапошников И.Т., Аристов А.В., Мармурова О.М., Коцарев В.Н., 2022



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

достоверно увеличивая количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, лимфоцитов, моноцитов, общего белка, α -глобулинов, γ -глобулинов и уменьшая содержание нейтрофилов, эозинофилов, β -глобулинов до показателей нормы. Таким образом, аминокселеферон-Б способствовал повышению естественной резистентности, активизации систем, ответственных за адаптацию коров к неблагоприятным факторам внешней среды и стимулированию метаболических процессов в организме.

Ключевые слова: коровы, экологическое неблагополучие, морфологические показатели крови, белковый обмен, аминокселеферон-Б

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

История статьи: поступила в редакцию 23 мая 2022 г., принята к публикации 17 июня 2022 г.

Для цитирования: *Слащилина Т.В., Шапошников И.Т., Аристов А.В., Мармурова О.М., Коцарев В.Н.* Динамика гематологических показателей коров на фоне применения в рационе источника биологически активных веществ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 3. С. 406—415. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-406-415

Effect of biologically active substances on hematological status of cows

Tatiana V. Slashchilina¹  , Ivan T. Shaposhnikov¹ ,

Alexander V. Aristov¹ , Oksana M. Marmurova¹ , Vladimir N. Kotsarev² 

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russian Federation

²Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy,
Voronezh, Russian Federation

 stv-8181@mail.ru

Abstract. Industry development has a technogenic impact on the environment, thereby posing a threat to health and welfare of farm animals. As a result, toxic substances accumulate in soil, water, feed, and have a long period of decomposition. At the same time, changes in the metabolic profile occur in animals, leading to a decrease in their resistance to viral and bacterial infections. The search for new means and methods to stop the development of pathological conditions and create conditions for the resistance of cows to technogenic stress seems to be relevant. In this regard, the purpose was to study the effect of aminokселеферон-В on hematological parameters and protein metabolism of cows with immune deficiency under technogenic load caused by the chemical industry producing mineral fertilizers in Voronezh region. During monitoring soil and water bodies near this object, an excess of the maximum permissible concentrations for heavy metal content was established. The studies were carried out in industrial livestock complex on 20 highly productive dairy cows with a secondary immunodeficiency state, located in the zone of exposure to chemical emissions into the atmosphere. Control and experimental groups of animals were formed. Experimental cows were injected with aminokселеферон-В. It was revealed that the presence of cows in conditions of technogenic impact on the environment leads to decrease in total protein, change in blood fractional composition, which negatively affects physiological processes in the body. Insufficient levels of α - and γ -globulin fractions in cow blood indicate inhibition of natural resistance factors. A negative reaction of animal organism associated with exposure to toxins is indicated by significant

increase in the level of β -globulins in blood. It was found that aminoseleferon-B had a corrective effect on blood morphological parameters and protein metabolism, significantly increasing number of erythrocytes, leukocytes, hemoglobin, lymphocytes, monocytes, total protein, α -globulins, γ -globulins and reducing content of neutrophils, eosinophils, β -globulins to normal levels. Thus, aminoseleferon-B contributed to increase in natural resistance, adaptation to adverse environmental factors and stimulation of metabolic processes in cows.

Keywords: cows, ecological distress, morphological parameters of blood, protein metabolism, aminoseleferon-B

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

Article history: Received 23 May 2022. Accepted 17 June 2022.

For citation: Slashchilina TV, Shaposhnikov IT, Aristov AV, Marmurova OM, Kotsarev VN. Effect of biologically active substances on hematological status of cows. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(3):406—415. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-3-406-415

Введение

Развитие промышленности потенцирует техногенное воздействие выбросов и токсических продуктов на внешнюю среду, тем самым представляя угрозу для здоровья и благополучия сельскохозяйственных животных. В результате экологического неблагополучия в почве, воде, кормах, воздухе накапливаются различные токсические химические вещества. Большую опасность в этой связи приобретают отходы, обладающие длительным периодом разложения и высокой проникающей способностью в почву и водные ресурсы [1—4]. Разведение сельскохозяйственных животных на территориях, которые примыкают к промышленным предприятиям, приводит к накоплению в их организме многочисленных ксенобиотиков. При этом возникают различные изменения метаболического профиля, развивается иммуносупрессия, и как следствие — снижение устойчивости организма животных к вирусным и бактериальным инфекциям, появление патологий с неясной этиологией [2, 5—9]. Следует отметить, что в настоящее время для повышения устойчивости сельскохозяйственных животных к техногенным нагрузкам используют лекарственные препараты, преимущественно растительного или животного происхождения, обладающие антистрессовыми, адаптогенными и иммуностимулирующими потенциалами [6, 10—15]. Поиск новых средств и методов, купирующих развитие патологического состояния, а также создающих условия для повышения устойчивости коров к неблагоприятному техногенному воздействию, представляется актуальным.

Цель исследований — изучить влияние Аминоселеферона-Б на гематологические показатели и белковый метаболизм коров с иммунным дефицитом при техногенной нагрузке, вызванной продуктами переработки химической промышленности по производству минеральных удобрений.

Материал и методы исследования

Исследования проводили на предприятиях АПК Нижнедевицкого района Воронежской области. В границах выбранного района расположено предприятие

по изготовлению минеральных удобрений. Мониторинг региональным экологическим надзором Воронежской области почвы и водоемов вблизи данного объекта установил превышение предельно допустимых концентраций содержания тяжелых металлов.

Перед проведением исследований мы отобрали коров в период сухостоя (за две недели до отела) и разделили их методом конвертов на две группы по 10 голов в каждой. Животным контрольной группы ($n = 10$) подкожно вводили 0,9 % раствор натрия хлорида в дозе 10 см³ на голову, трижды, с интервалом 48 ч. Животным опытной группы ($n = 10$) подкожно инъецировали тканевой препарат Аминоселеферон-Б, в дозе 10 см³ на голову, трижды, с интервалом 48 ч. Аминоселеферон-Б относится к тканевым препаратам и создан на основе аминокислот (продукта криофракционирования селезенки крупного рогатого скота) и α - и γ -интерферонов бычьих рекомбинантных [8, 10].

Иммунный статус коров характеризовался снижением функциональной активности компонентов клеточного и гуморального иммунитета [8]. От 5 коров из каждой группы до проведения исследования и через 10 суток после завершения опыта отбирали пробы венозной крови для проведения морфо-биохимических исследований. Для выявления патологических процессов в организме животных и эффективности проводимых профилактических мероприятий изучали наиболее информативные показатели крови [16—19]. Маркерные показатели гематологического статуса (эритроциты — RBC; гемоглобин — HbC; лейкоциты — WBC; палочкоядерные нейтрофилы — BNEU; сегментоядерные нейтрофилы — SNEU; эозинофилы — EOS; моноциты — MON; лимфоциты — LYM) и белкового метаболизма (общий белок — TP; альбумины — Alb; глобулины — Glob; альфа-глобулины — α -Glob; бета-глобулины — β -Glob; гамма-глобулины — γ -Glob) определяли по общепринятым методикам клинической ветеринарии.

Все расчеты делали на персональном компьютере с помощью статистической программы STATISTICA 8.0 и Microsoft Excel, StatSoft, USA. Достоверность разницы показателей между показателями контрольной и опытной групп рассчитывали по методу Манна — Уитни (* $p < 0,05$).

Результаты исследования и обсуждение

Результаты исследования морфологических показателей крови животных опытной и контрольной группы, находящихся в зоне техногенной нагрузки, приведены в табл. 1. При анализе крови у коров обеих групп установлено, что количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, моноцитов и лимфоцитов было ниже физиологических параметров в среднем на 9,0; 2,4; 10,0; 35,0 и 21,5 % соответственно, при сравнении с референсными значениями, согласно данным [9]. Следует также отметить, что уровень палочкоядерных нейтрофилов было выше оптимальных величин в 2 раза, сегментоядерных — на 30,7 %, эозинофилов — на 35,0 % (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследования крови коров подопытных групп

Морфологические показатели крови	Контроль	Опыт
RBC, 10 ¹² /л	4,5±0,31	4,6±0,22
	4,6±0,27	5,6±0,18*
HBC, г/л	96,4±1,34	96,8±1,54
	96,2±2,15	120,6±2,23*
WBC, 10 ⁹ /л	4,0±0,39	4,1±0,32
	4,1±0,31	6,6±0,68*
BNEU,%	10,6±0,47	10,9±0,39
	10,4±0,24	4,5±0,34*
SNEU,%	45,6±1,76	45,9±1,54
	44,6±1,56	32,5±1,95*
EOS,%	11,4±1,18	10,2±1,37
	10,9±1,17	4,2±0,98*
MON,%	1,2±0,47	1,4±0,59
	1,5±0,39	3,8±0,20*
LYM,%	31,2±1,46	31,6±1,12
	32,6±2,34	55,0±2,51*

Примечание. *p < 0,05.

Table 1

Blood parameters of experimental cows

Morphological blood parameters	Control	Experiment
RBC, 10 ¹² /l	4.5±0.31	4.6±0.22
	4.6±0.27	5.6±0.18*
HBC, g/l	96.4±1.34	96.8±1.54
	96.2±2.15	120.6±2.23*
WBC, 10 ⁹ /l	4.0±0.39	4.1±0.32
	4.1±0.31	6.6±0.68*
BNEU,%	10.6±0.47	10.9±0.39
	10.4±0.24	4.5±0.34*
SNEU,%	45.6±1.76	45.9±1.54
	44.6±1.56	32.5±1.95*
EOS,%	11.4±1.18	10.2±1.37
	10.9±1.17	4.2±0.98*
MON,%	1.2±0.47	1.4±0.59
	1.5±0.39	3.8±0.20*
LYM,%	31.2±1.46	31.6±1.12
	32.6±2.34	55.0±2.51*

Note. *p < 0,05.

Эти результаты указывали на то, что под влиянием техногенной нагрузки у коров происходило снижение функционального состояния кроветворной системы, интенсивности дыхательной и защитной функции крови.

На 10 день после последней инъекции у коров группы контроля морфологические анализы крови практически не изменились. Применение коровам опытной группы аминокселеферона-Б способствовало повышению в крови уровня эритроцитов на 21,7 %, лейкоцитов — на 61,0 %, гемоглобина — на 25,4 %, лимфоцитов — на 68,7 %, моноцитов — в 2,5 раза, снижению в крови содержания палочкоядерных нейтрофилов на 56,7 %, сегментоядерных нейтрофилов — на 27,1 % и эозинофилов — на 61,5 % по сравнению с животными группы контроля. Выявленные изменения находились в пределах оптимальных величин.

Таким образом, исследование показало, что применение аминокселеферона-Б коровам с признаками иммунного дефицита и находящихся в зоне техногенной нагрузки способствовало оптимизации морфологических показателей крови. У них достоверно возрастало количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, моноцитов, лимфоцитов и снижался уровень нейтрофилов и эозинофилов, что привело к улучшению состояния защитных систем организма. Активизация системы кроветворения в направлении интенсификации процессов гемопоэза является адаптационной реакцией организма животного к неблагоприятным факторам внешней среды, обеспечивает реализацию защитных функций крови и способствует повышению иммунного статуса.

Показатели белкового обмена коров до применения препарата (табл. 2) говорили о низком уровне общего белка в сыворотке крови у опытных животных. В начале исследования концентрация общего белка в сыворотке крови у животных первой и второй опытных групп была ниже нормы в среднем на 4,7 %. Динамика общих глобулинов и альбуминовой фракции крови у животных подопытных групп имела незначительные колебания в пределах физиологических параметров. Сдвиг в белковом спектре крови у коров относительно оптимальных величин наблюдался за счет снижения уровня α -глобулинов в среднем на 11,7 %, γ -глобулинов — на 14,2 % и повышения β -глобулинов — на 43,5 %, что указывало на наличие у животных воспалительных процессов, дисбаланса белкового метаболизма и иммунодефицитного состояния.

Таблица 2

Метаболизм белков коров подопытных групп

Показатели белкового обмена	Контроль	Опыт
TP, г/л	68,9±1,88	68,4±1,80
	70,2±1,69	80,5±1,22*
Alb,%	45,9±1,89	44,2±1,09
	44,2±1,36	40,2±0,89*
Glob,%	54,1±1,01	55,9±0,89
	55,8±0,67	59,8±0,45*
В том числе		
α -Glob,%	10,4±0,39	10,8±0,53
	10,3±0,84	13,3±0,35*
β -Glob,%	22,8±0,96	23,1±0,92
	24,3±0,55	15,2±0,47*
γ -Glob,%	20,9±1,69	22,0±1,21
	21,2±0,63	31,3±0,54*

Примечание. *p < 0,05.

Protein metabolism in experimental cows

Indicators of protein metabolism	Control	Experiment
TP, g/l	68.9±1.88	68.4±1.80
	70.2±1.69	80.5±1.22*
Alb,%	45.9±1.89	44.2±1.09
	44.2±1.36	40.2±0.89*
Glob,%	54.1±1.01	55.9±0.89
	55.8±0.67	59.8±0.45*
including:		
α-Glob,%	10.4±0.39	10.8±0.53
	10.3±0.84	13.3±0.35*
β-Glob,%	22.8±0.96	23.1±0.92
	24.3±0.55	15.2±0.47*
γ-Glob,%	20.9±1.69	22.0±1.21
	21.2±0.63	31.3±0.54*

Note. *p < 0,05.

В условиях техногенеза у коров с иммунодефицитом после введения аминокселеферона-Б увеличилось содержание в крови общего белка на 14,7 % по сравнению с контролем. Фракции альбуминов и общих глобулинов у животных как опытной, так и контрольной групп находились в пределах референтной нормы (см. табл. 2). Применение коровам Аминокселеферона-Б существенно повлияло на белковый спектр крови. По сравнению с контрольными животными у них увеличилось количество общих глобулинов на 7,2 %, α-глобулинов — на 29,1 %, γ-глобулинов — на 47,8 % и уменьшилось содержание альбуминов — на 9,0 %, β-глобулинов — на 37,4 %. У коров контрольной группы показатели белкового обмена по сравнению с началом опыта не изменились.

Таким образом, нахождение коров в условиях техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к уменьшению количества общего белка, изменению фракционного состава крови, что негативно влияет на течение физиологических процессов в организме. Недостаточное содержание в крови α- и γ-глобулиновых фракций свидетельствует об ингибировании факторов естественной резистентности коров.

Заключение

Показано, что нахождение коров в условиях техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к уменьшению количества общего белка, изменению фракционного состава крови, что негативно влияет на течение физиологических процессов в организме. Недостаточное содержание в крови α- и γ-глобулиновых фракций свидетельствует об ингибировании факторов естественной резистентности коров. На негативную реакцию организма животных, связанную с воздействием токсинов, указывает значительное увеличение в крови уровня β-глобулинов. Применение Аминокселеферона-Б крупному рогатому скоту с признаками снижения иммунного статуса при техногенной нагрузке на внешнюю среду в зоне выбросов

химическим заводом по производству минеральных удобрений способствовало активизации обменных процессов в организме. Препарат оказывал корректирующее действие на морфологические показатели крови, количество общего белка в сыворотке крови и его фракционный состав. Аминоселеферон-Б снижал токсические нагрузки на организм коров, стабилизировал течение белкового обмена и активизировал активность клеток крови. Это подтверждается его позитивным корректирующим действием на морфологические показатели крови и белковый обмен, достоверно увеличивая количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, лимфоцитов, моноцитов, общего белка, α -глобулинов, γ -глобулинов и уменьшая содержание нейтрофилов, эозинофилов, β -глобулинов до показателей нормы. Таким образом, Аминоселеферон-Б способствовал повышению естественной резистентности, активизации систем, ответственных за адаптацию коров к неблагоприятным факторам внешней среды, и стимулированию метаболических процессов в организме.

Библиографический список / References

1. Востроилова Г.А., Хохлова Н.А., Контарович Ю.А., Корчагина А.А. Экспериментальная оценка аллергизирующих свойств препарата аминоселеферон // Ветеринарный фармакологический вестник. 2018. № 3(4). С. 24—29. doi: 10.17238/issn2541-8203.2018.3.24
2. Vostroilova GA, Khokhlova NA, Kontarovich YA, Korchagina AA. Experimental estimation of allergic properties of aminoseleferon drug. *Bulletin of veterinary pharmacology*. 2018; (3):24—29. (In Russ.). doi: 10.17238/issn2541-8203.2018.3.24
3. 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
4. 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):133—139. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2020-7-133-139
5. Паули А.С., Фаткуллин Р.Р. Белковый обмен в организме коров в условиях техногенной агроэко-системы // Генетика и разведение животных. 2019. № 1. С. 77—80. doi: 10.31043/2410-2733-2019-1-77-80
6. Pauli AS, Fatkullin RR. Protein metabolism in cows under conditions of anthropogenic agro-ecosystem. *Genetics and breeding of animals*. 2019; (1):77—80. (In Russ.). doi: 10.31043/2410-2733-2019-1-77-80
7. Norby B, Bartlett PC, Byrem TM, Erskine RJ. Effect of infection with bovine leukemia virus on milk production in Michigan dairy cows. *J Dairy Sci*. 2016; 99(3):2043—2052. doi: 10.3168/jds.2015-10089
8. Rуденко P, Ватников Y, Sachivkina N, Rуденко A, Kulikov EV, Lutsay V, et al. Search for promising strains of probiotic microbiota isolated from different biotopes of healthy cats for use in the control of surgical infections. *Pathogens*. 2021; 10(6):667. doi: 10.3390/pathogens10060667
9. Úsuga-Monroy C, González Herrera LG, Echeverri Zuluaga JJ, Díaz FJ, López-Herrera A. IFN- γ mRNA expression is lower in Holstein cows infected with bovine leukemia virus with high proviral load and persistent lymphocytosis. *Acta Virologica*. 2020; 64(4):451—456. doi: 10.4149/av_2020_409
10. Шапошников И.Т., Коцарев В.Н., Скориков В.Н., Владимирова Ю.Ю., Карманова Н.В. Эффективность иммунокоррекции у высокопродуктивных высокопродуктивных коров при иммунодефицитном состоянии в условиях экологического неблагополучия // Ученые записки УО ВГАВМ. 2020. Т. 56. Вып. 4. С. 167—171.

Shaposhnikov IT, Kotsarev VN, Skorikov VN, Vladimirova YY, Karmanova NV. Efficiency of immunocorrection in highly productive high-yielding cows with immunodeficiency in the environment. *Transactions of the educational establishment Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine*. 2020; 56(4):167–171. (In Russ.).

9. Руденко П.А., Ватников Ю.А., Руденко А.А., Руденко В.Б. Эпизоотический анализ животноводческих ферм, неблагополучных по факторным инфекциям // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 4 (104). С. 572–585. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585

Rudenko PA, Vatinikov YA, Rudenko AA, Rudenko VB. Epizootic analysis of factor-infected cattle farms. *Scientific life*. 2020; 15(4):572–585. (In Russ.). doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-572-585

10. Шапошников И.Т., Чусова Г.Г., Коцарев В.Н. Влияние препаратов плаценты, денатурированной эмульгированной и Биферона-Б на морфологический состав крови коров с иммунодефицитным состоянием, находящихся в условиях экологического неблагополучия // Ветеринарный фармакологический вестник. 2021. № 1(14). С. 16–26. doi: 10.17238/issn2541-8203.2021.1.16

Shaposhnikov IT, Chusova G, Kotsarev VN. The effect of preparations of placenta denaturated emulsified and Biferon-B on the morphological composition of the blood of immunodeficient cows under adverse environmental conditions. *Bulletin of veterinary pharmacology*. 2021; (1):16–26. (In Russ.). doi: 10.17238/issn2541-8203.2021.1.16

11. Rudenko P, Vatinikov Y, Engashev S, Kvochko A, Notina E, Bykova I, et al. The role of lipid peroxidation products and antioxidant enzymes in the pathogenesis of aseptic and purulent inflammation in cats. *J Adv Vet Anim Res*. 2021; 8(2):210–217. doi: 10.5455/javar.2021.h504

12. Bugrov N, Rudenko P, Lutsay V, Gurina R, Zharov A, Khairova N, et al. Fecal microbiota analysis in cats with intestinal dysbiosis of varying severity. *Pathogens*. 2022; 11(2):234. doi: 10.3390/pathogens11020234

13. Collier RJ, Dahlt GE, VanBaale MJ. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4):1244–1253. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2

14. Mader TL, Griffin D. Management of cattle exposed to adverse environmental conditions. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2015; 31(2):247–258. doi: 10.1016/j.cvfa.2015.03.006

15. Roland L, Drillich M, Iwersen M. Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2014; 26(5):592–598. doi: 10.1177/1040638714546490

16. Vatinikov Y, Shabunin S, Kulikov E, Karamyan A, Murylev V, Elizarov P, et al. The efficiency of therapy the piglets gastroenteritis with combination of Enrofloxacin and phytosorbent *Hypericum perforatum* L. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(Suppl.2):3064–3073. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.373

17. Vatinikov Y, Donnik I, Kulikov E, Karamyan A, Notina E, Bykova I, et al. Effectiveness of *Hypericum perforatum* L. phytosorbent as a part of complex therapy for acute non-specific bronchopneumonia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(Suppl.1):1108–1116. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP1.165

18. Руденко П.А., Руденко А.А., Ватников Ю.А. Микробный пейзаж при маститах у коров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 172–179. doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-172-179

Rudenko PA, Rudenko AA, Vatinikov YA. Microbial landscape with mastitis in cows. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; (2):172–179 (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-172-179

19. Moretti FA, Giardino G, Attenborough TCH, Gkazi AS, Margetts BK, la Marca G, et al. Metabolite and thymocyte development defects in ADA-SCID mice receiving enzyme replacement therapy. *Scientific Reports*. 2021; 11(1):23221. doi: 10.1038/s41598-021-02572-w

Об авторах:

Слащилина Татьяна Викторовна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; e-mail: stv-8181@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8438-8556

Шапошников Иван Тихонович — доктор биологических наук, профессор кафедры общей зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; e-mail: 36011958@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0190-9083

Аристов Александр Васильевич — кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой общей зоотехнии, декан факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, Воронежский

государственный аграрный университет имени императора Петра I, Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; e-mail: alevas75@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7234-3243

Мармурова Оксана Михайловна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Российская Федерация, 394087 г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; e-mail: pfcflf.81@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1726-3769

Коцарев Владимир Николаевич — доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087 г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 114Б; e-mail: kotsarev53@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9114-1176

About authors:

Slashchilina Tatiana Victorovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of General Zootechnics, Voronezh State Agrarian University, 1 Michurina st., Voronezh, 394087, Russian Federation, e-mail: stv-8181@mail.ru
ORCID: 0000-0001-8438-8556

Shaposhnikov Ivan Tikhonovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of General Zootechnics, Voronezh State Agrarian University, 1 Michurina st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: 36011958@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0190-9083

Aristov Alexander Vasilievich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Zootechnics, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Livestock Technology, Voronezh State Agrarian University, 1 Michurina st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: alevas75@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7234-3243

Marmurova Oksana Mikhailovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Epizootology and Parasitology, Voronezh State Agrarian University, 1 Michurina st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: pfcflf.81@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1726-3769

Kotsarev Vladimir Nikolaevich — Doctor of Veterinary Sciences, Leading Researcher, Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114b Lomonosov st., Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: kotsarev53@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9114-1176

