



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2021 Том 16 № 3

DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-3

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

Плющиков В.Г., д-р с.-х. наук,
профессор АТИ РУДН,
Москва, Российская Федерация
E-mail: pliuschikov-vg@rudn.ru

Заместитель главного редактора

Докукин П.А., канд. техн. наук,
доцент Агроинженерного
департамента АТИ РУДН, Москва,
Российская Федерация
E-mail: dokukin-pa@rudn.ru

Ответственный секретарь

Терехин А.А., канд. с.-х. наук,
доцент АТИ РУДН, Москва,
Российская Федерация
E-mail: terekhin-aa@rudn.ru

Члены редакционной коллегии

Аббоуд-Аби Сааб М., д-р филос. (биология), ведущий научный сотрудник, Национальный центр исследований морской фауны Ливана, Бейрут, Ливан

Акимов В.А., д-р тех. наук, проф., главный научный сотрудник, ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, РФ

Алтишулер А.М., д-р мед. и общ. наук, проф., Научно-исследовательский институт по чрезвычайным ситуациям, Израиль

Аун Жорж Э., профессор, Государственный университет Ливана, Бейрут, Ливан

Ашайеризаде О., PhD, доцент, Горганский университет сельскохозяйственных наук и природных ресурсов, Горган, Иран

Бабински Л., PhD, проф., Дебреценский университет, Дебрецен, Венгрия

Балестра Д.М., д-р филос. (биология), проф., ведущий научный сотрудник, Университет Тушии, Италия

Бородичев В.В., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, Волгоградский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, Волгоград, РФ

Валентини Р., д-р биол. наук, проф., Университет Тушии, Витербо, Италия

Ватников Ю.А., д-р вет. наук, проф., РУДН, Москва, РФ

Гитас И., PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Греция

Донник И.М., академик РАН, вице-президент РАН, Москва, РФ

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

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

Зволинский В.П., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, директор, Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, п. Соленое Займище, Астраханская обл., РФ

Игнатов А.Н., д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, ИЦ «Биоинженерия» РАН, Москва, РФ

Карвальо П.А., PhD, проф., Университет Бразилиа, Бразилиа

Ковеос Д., PhD, проф., декан факультета сельского хозяйства и природных ресурсов, Университет Аристотеля г. Салоники, Греция

Комитов Б., PhD, проф., Институт астрономии Болгарской академии наук, София, Болгария

Кузнецов Вл.В., д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ

Левин Е.А., канд. техн. наук, доц., Мичиганский технологический университет, Мичиган-Сити, США

Мадзалья А., д-р филос. (биология), проф., научный сотрудник, Университет Тушии, Италия

Медавэр С., проф., декан сельскохозяйственного факультета, Ливанский государственный университет, Бейрут, Ливан

Новиков А.Е., д-р техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, РФ

Овчинников А.С., д-р с.-х. наук, профессор, чл.-кор. РАН, Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, РФ

Савин И.Ю., д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, РФ

Статакис Д., PhD, проф., департамент планирования и регионального развития, Университет Фессалии, Волос, Греция

Сычѳв В.Г., д-р с.-х. наук, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, Москва, РФ

Уша Б.В., д-р вет. наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАН, Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Московский государственный университет пищевых производств, Москва, РФ

Чамурлиев Г.О., зам. отв. секретаря редколлегии, канд. с.-х. наук, РУДН, Москва, РФ

Шаад Н.В., д-р филос. (биология), проф., ведущий бактериолог, Министерство сельского хозяйства США, Вашингтон, США

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

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

4 выпуска в год.

<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: Агронимия 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: 03.02.01 Ботаника, 03.02.13 Почвоведение, 06.01.01 Общее земледелие растениеводство, 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), 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология (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 28.09.2021. Выход в свет 30.09.2021. Формат 70×100/16.

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

Усл. печ. л. 8,8. Тираж 500 экз. Заказ № 627. 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

2021 VOLUME 16 No. 3
DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-3
agrojournal.rudn.ru
Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

EDITOR-IN-CHIEF

Prof. Dr Vadim G. Plyushchikov
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: plushchikov-vg@rudn.ru

DEPUTY CHIEF EDITOR

Dr Petr A. Dokukin
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: dokukin-pa@rudn.ru

EXECUTIVE SECRETARY

Dr Aleksey A. Terekhin
RUDN University, Moscow, Russian
Federation
E-mail: terekhin-aa@rudn.ru

EDITORIAL BOARD

- Marie Abboud-Abi Saab**, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, National Centre of Sea Animals Research of Lebanon, Beirut, Lebanon
- Valeriy A. Akimov**, Professor, Dr of Technical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Institute for Research of Civil Defense and Emergencies Situations of the Emergencies Ministry of Russia, Moscow, Russian Federation
- Aleksandr M. Altshuler**, Dr of Medical and Social Sciences, Professor, Emergency Research Institute, Israel
- Georges Emilo Aoun**, Professor, Lebanese University, Beirut, Lebanon
- Omid Ashayerizadeh**, PhD, Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran
- Laszlo Babinszky**, PhD, Professor, University of Debrecen, Debrecen, Hungary
- Giorgio M. Balestra**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy
- Viktor V. Borodychev**, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd Branch of Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Volgograd, Russian Federation
- Georgiy O. Chamurliiev**, Deputy Executive Secretary, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Agricultural Engineering Department, Agrarian Technological Institute, RUDN University, Moscow, Russian Federation
- Paulo A. Carvalho**, PhD, Professor, University of Brasilia, Brazil
- Irina M. Donnik**, Academician of RAS, Vice-president of RAS, Moscow, Russian Federation
- Nikolay N. Dubenok**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy of Timiryazev, Moscow, Russian Federation
- Sergey N. Elanskiy**, Professor, Dr Biology science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
- Ioannis Gitas**, PhD, Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Aleksandr N. Ignatov**, Professor, Dr of Biological Sciences, Leading Researcher, Research Centre "Bioengineering", RAS, Moscow, Russian Federation
- Dimitris Koveos**, Professor, PhD, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Boris Komitov**, PhD, Professor, Institute of Astronomy of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
- Vladimir V. Kuznetsov**, Professor, Dr of Biological Sciences, Corresponding Member of RAS, Timiryazev Institute of Plant Physiology, Moscow, Russian Federation
- Eugene A. Levin**, Associate professor, PhD in Photogrammetry, Michigan Technological University, United States
- Angelo Mazzaglia**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy
- Samir Medawar**, Professor, dean of the Agricultural Faculty, Lebanese University, Beirut, Lebanon
- Andrey E. Novikov**, Dr of Technical Sciences, Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Production, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
- Aleksey S. Ovchinnikov**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation
- Igor Y. Savin**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Soil Institute of V.V. Dokuchaev, Moscow, Russian Federation
- Viktor G. Sychev**, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the RAS, director, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry RAS, Moscow, Russian Federation
- Norman V. Schaad**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), USA Ministry of Agriculture, Washington, United States
- Dimitris Stathakis**, Professor, PhD, University of Thessaly, Volos city, Greece
- Boris V. Usha**, Honoured Scientist of Russia, Academician of RAS, Dr of Veterinary Sciences, Professor, Institute of Veterinary Expertise, Sanitary and Ecology, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation
- Ricardo Valentini**, Professor, Dr of Biological Sciences, Tuscia University, Italy
- Yuriy A. Vatnikov**, Professor, Dr of Veterinary Sciences, Veterinary Medicine of ATI, RUDN University, Moscow, Russian Federation
- Vyacheslav P. Zvolinskiy**, Dr of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the RAS, director, Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Solenoye Zajmishche city, 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

Генетика и селекция растений

- Зубарев Ю.А., Гунин А.В., Пантелеева Е.И., Воробьева А.В. Перспективы селекционной работы по облепихе в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко 183

Защита растений

- Разо Ш., Галушка П.А., Варицев Ю.А., Жердев А.В., Сафенкова И.В., Пакина Е.Н., Дзантиев Б.Б. Разработка новых иммуноаналитических тест-систем для диагностики черной ножки картофеля, вызываемой бактериями *Dickeya* spp. 198
- Шаманин А.А., Корелина В.А., Берим М.Н., Попова Л.А. Результаты отлова крылатых особей тлей водными ловушками на посадках картофеля в условиях южной части Архангельской области 215

Почвоведение и агрохимия

- Селезнёва А.Е., Иващенко К.В., Сушко С.В., Журавлева А.И., Ананьева Н.Д., Благодатский С.А. Дыхательная активность микробного сообщества почвы и его функциональное разнообразие при смещении верхней границы леса в горах Северо-Западного Кавказа 226

Ландшафтная архитектура и дизайн

- Красильникова Э.Э., Журавлева И.В., Заика И.А. Создание лечебного и терапевтического ландшафтов: опыт проектирования 238

Защитное лесоразведение

- Баканева А.А. Приживаемость дуба черешчатого в лесной экосистеме Волго-Ахтубинской пойме севера Астраханской области 255
- Банщикова Е.А., Желибо Т.В., Макаров В.П., Ларин В.С. Результаты приживаемости лесных полос в районе золошлакоотвала ТЭЦ–1 в г. Чита 264

Животноводство

- Воробьева Н.В., Попов В.С. Влияние клетчатки и энергии в рационе на продуктивность и формирование микробиоценоза порослят 275

Contents

Genetics and plant breeding

Zubarev Y.A., Gunin A.V., Panteleeva E.I., Vorobjeva A.V. Prospects of seabuckthorn breeding activity at Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia 183

Plant protection

Razo S.C., Galushka P.A., Varitsev Y.A., Zherdev A.V., Safenkova I.V., Pakina E.N., Dzantiev B.B. Development of new immunoanalytical test systems for diagnostics of potato blackleg caused by *Dickeya* spp. bacteria 198

Shamanin A.A., Korelina V.A., Berim M.N., Popova L.A. The results of catching winged aphids with water traps on potato plantings in the southern part of the Arkhangelsk region..... 215

Soil science and agrochemistry

Selezneva A.E., Ivashchenko K.V., Sushko S.V., Zhuravleva A.I., Ananyeva N.D., Blagodatsky S.A. Microbial respiration and functional diversity of soil microbial community under treeline shifts in the Northwestern Caucasus..... 226

Landscape architecture and design

Krasilnikova E.E., Zhuravleva I.V., Zaika I.A. Creating healing and therapeutic landscapes: design experience238

Protective afforestation

Bakaneva A.A. Common oak survival in the forest ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain in the north of Astrakhan region 255

Banshchikova E.A., Zhelibo T.V., Makarov V.P., Larin V.S. Survival of forest strips in ash and slag dump territory of Chita combined heat and power plant 264

Animal breeding

Vorobyova N.V., Popov V.S. Effect of fiber and energy in diet on productivity and formation of microbiocenosis in piglets275

Генетика и селекция растений Genetics and plant breeding

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-183-197

УДК 631.527:582.724.1:634.74(571.1/.5)

Научная статья / Research article

Перспективы селекционной работы по облепихе в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко

Ю.А. Зубарев , А.В. Гунин  , Е.И. Пантелеева , А.В. Воробьева Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий,
г. Барнаул, Российская Федерация
 alexeygunin@yandex.ru

Аннотация. Генетический фонд облепихи в коллекциях отдела НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий насчитывает более 14 тыс. гибридных сеянцев и свыше 450 отборных форм, что позволяет проводить всесторонний селекционный отбор по комплексу хозяйственно ценных признаков и добиваться постоянного совершенствования сортимента. Целью исследований является создание генотипов облепихи с хозяйственно-биологическими характеристиками, обеспечивающими потребности производственного сектора, ориентированного на различные технологические подходы. Объекты исследований — сортообразцы облепихи гибридного происхождения 1993–2005 гг. скрещивания. Исследования проведены в лесостепной зоне Алтайского края в 2016–2020 гг. На основе комплексной оценки выделены группы наиболее перспективных сортообразцов по различным хозяйственно ценным признакам. Показан потенциал селекционной работы с возможностью в обозримой перспективе улучшить существующий сортимент. В частности, в группе сладкоплодных форм выделены образцы 57–01–1, 146–02–1 и 226–00–1 со значениями сахарокислотного индекса 6,4, 5,4 и 5,3 соответственно, а также 198–99–3а и 62–01–2 с массой плода на уровне 1,0 г, что практически на 0,3 г превышает массу контрольного сорта Чуйская и одного из наиболее сладких сортов — Алтайская. Формы 149–00–3 и 664–00–2 вошли в группу с очень низким усилием отрыва плодов — 95 и 110 г соответственно, что существенно ниже по сравнению с контрольным сортом Чуйская и эталонным — Анастасия. Это определяет их высокую пригодность для ручного сбора плодов. По крупноплодности выделен сортообразец 185–99–5 со средней массой плода 1,67 г, что превышает значения контрольного сорта Чуйская более чем в 2 раза. Выделен перспективный красноплодный сортообразец 258–03–1 с высоким содержанием масла в плодах, что обеспечивает его высокий потенциал при использовании в качестве технического сорта для выработки концентрата облепихового масла. Большинство из изучаемых сортообразцов вошли в различные оценочные группы, демонстрируя комплексность хозяйственно ценных признаков.

© Зубарев Ю.А., Гунин А.В., Пантелеева Е.И., Воробьева А.В., 2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Ключевые слова: облепиха, *Hippophae rhamnoides* L., сорт, отборная форма, селекция, продуктивность, крупноплодность, органолептическая характеристика, технологические свойства

Вклад авторов. Зубарев Ю.А.— анализ полученных данных, написание текста; Гунин А.В.— сбор и обработка материалов; Пантелеева Е.И.— планирование исследования, сбор материалов; Воробьева А.В.— сбор материалов.

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

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А19–119092590027–7).

История статьи: Поступила в редакцию 24 июня 2021 г. Принята к публикации 1 июля 2021 г.

Для цитирования:

Зубарев Ю.А., Гунин А.В., Пантелеева Е.И., Воробьева А.В. Перспективы селекционной работы по облепихе в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 183—197. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-183-197

Prospects of seabuckthorn breeding activity at Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia

Yuri A. Zubarev , Aleksey V. Gunin  , Elizaveta I. Panteleeva ,
Anastasia V. Vorobjeva 

Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies,
Barnaul, Russian Federation
 alexeygunin@yandex.ru

Abstract. Seabuckthorn gene pool in collections of Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia which is a division of the Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies is represented by more than 14 thousand hybrid seedlings and over 450 varieties under selection. It allows to provide comprehensive selection on different agronomic traits and to achieve permanent assortment improvement. The main aim of the research was to select seabuckthorn varieties distinguished by characteristics that meet the requests of industrial sector with focus on various technological approaches. Seabuckthorn varieties of hybrid origin from crossbreeding of 1993–2005 were studied. The experiments were carried out in forest-steppe zone of Altai Krai in 2016–2020. According to the results of comprehensive evaluation, groups of the most promising varieties were proposed as a source of various agronomic traits. The potential of breeding activity was shown as well as possibility of seabuckthorn assortment improving was proved. In particular, within sweet-fruited varieties such samples as 57–01–1, 146–02–1 and 226–00–1 with sugar-acid index of 6.4, 5.4 and 5.3, respectively, have been selected as well as fruit of 198–99–3a and 62–01–2 varieties weighed about 1.0 g, that is almost 0.3 g higher compared to Chuiskaya variety (control) and Altaiskaya (the sweetest one). Two varieties — 149–00–3 and 664–00–2 — were included to the group with very low tear-off force of fruits — 95 and 110 g, respectively, which was significantly lower compared to the control (Chuiskaya) and the standard variety (Anastasia). That means high suitability of these varieties for harvesting by hand picking. The hybrid 185–99–5 had an average fruit weight of 1.67 g which was two times higher than fruit weight of the control variety. Highly promising red colored variety (258–03–1) had high oil content in fruits. That positions it as an extremely promising variety for seabuckthorn oil concentrate processing. Most of estimated varieties were included in various reference groups demonstrating by that the combination of agronomic traits.

Keywords: seabuckthorn, *Hippophae rhamnoides* L., cultivar, variety, selection, productivity, large berries size, organoleptic characteristics, technological parameters

Authors contribution. PEI developed and designed the experiments; GAV, PEI, VAV collected the data; ZYA, GAV analyzed the data; ZYA wrote the paper.

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

Acknowledgments. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (no. AAAA-A19–119092590027–7).

Article history:

Received: 24 June 2021. Accepted: 1 July 2021.

For citation:

Zubarev YA, Gunin AV, Panteleeva EI, Vorobjeva AV. Prospects of seabuckthorn breeding activity at Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):183—197. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-183-197

Введение

НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко (далее — НИИСС) является ведущим и в настоящее время единственным в России селекционным центром по облепихе (*Hippophae rhamnoides* L.), насчитывающим в коллекциях более 14 тысяч гибридных сеянцев и свыше 450 отборных форм облепихи. История создания сортов этой культуры подробно описана в отечественных и зарубежных научных изданиях, в т. ч. монографии [1]. Начиная с 1963 г., когда селекционерами НИИСС были созданы первые в мире сорта облепихи, более 120 культиваров с разнообразными хозяйственно-биологическими особенностями переданы в систему государственного сортоиспытания по всей России.

Безусловно, в создании российского и мирового сортимента облепихи принимали участие не только специалисты НИИСС. Так, в частности, большая работа по интродукции форм облепихи из естественных популяций разных географических районов проведена в Ботаническом саду МГУ [2]. На основе обширной коллекции форм облепихи разного географического происхождения там создано более 20 сортов этой культуры.

Большую роль в изучении облепихи следует отдать сотрудникам Горьковско-го сельскохозяйственного института (позднее Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии), которые организовали и успешно проводили комплексное исследование облепихи, включающее вопросы генетики, селекции, цитологии, физиологии, биохимии, систематики и эволюции этого растения. В результате создано 14 сортов этой культуры [3].

Коллективом Бурятской плодово-ягодной опытной станции на основе местных популяций создано порядка десяти сортов, адаптированных к суровым условиям Бурятии: низкорослые (1...2 м), с плодами от светло-оранжевой до красной окраски, с высоким содержанием в них аскорбиновой кислоты, каротиноидов и масла [4].

В результате плодотворного сотрудничества научных сотрудников Новосибирской зональной плодово-ягодной опытной станции и Института цитологии и генетики СО РАН выведен ряд высокоурожайных технологичных сортов облепихи [5].

Значительная селекционная работа по облепихе проведена в Южно-Уральском НИИ плодовоощеводства и картофелеводства, где создано несколько ее сортов [6]. Кроме этого, работа по облепихе проводилась в Красноярском крае [7], Калининградской области [8], на Дальнем Востоке [9], в северных регионах России [10].

С большой результативностью селекционная работа по облепихе велась в республиках бывшего Советского Союза. В Белоруссии [11], на Кавказе [12], Украине [13], Казахстане [14], Узбекистане и Азербайджане [15, 16] усилиями многих селекционеров создан уникальный местный сортимент культуры.

Значительная работа по селекции облепихи ведется и за рубежом. В основном, это такие страны как Германия [17], Финляндия [18], Индия [19] и, конечно, Китай [20]. Для использования в России, и особенно в Сибири, эти сорта малопригодны, однако в определенных природно-климатических провинциях, в которых проводилась точечная селекция, они вполне успешно могут возделываться.

Несмотря на столь широкую географию селекционной работы по культуре, большинство международных экспертов сходятся во мнении, что наиболее перспективными и интересными с точки зрения продуктивности, органолептики и технологичности являются сорта облепихи селекции НИИСС. Это связано с определенной спецификой генофонда, используемого в селекции, основанного на подвиде *Hipporhae rhamnoides ssp. mongolica*, который характеризуется относительно крупными плодами, высокой потенциальной продуктивностью, а также уникальными вкусовыми характеристиками.

На первых этапах создания сортов облепихи приоритетными направлениями являлись повышение ее продуктивности, увеличение размера плодов, освобождение от излишней колючести. С расширением сортимента культуры расширились и потребности производства. Появились запросы на высокомасличные и высококаротеноидные сорта, пригодные для технической переработки на концентрат облепихового масла. В новейшей истории значительный акцент сделан на пищевой составляющей сортов, а также усилены работы по поиску форм с высокой эффективностью при ручном сборе, и образцов, пригодных для возделывания по технологиям уборки методом срезки плодоносящих ветвей. Обширный генофонд облепихи, представленный в коллекциях НИИСС гибридами и отборными формами, позволяет с высокой результативностью вести селекционный отбор и предлагать производству новые высокопродуктивные сорта.

Целью исследований, проводимых в рамках обсуждаемого вопроса, является создание генотипов облепихи с определенными хозяйственно-биологическими характеристиками, обеспечивающими потребности производственного сектора, ориентированного на различные технологические подходы.

Материалы и методы исследования

Зона проведения исследований — лесостепная. Климатические условия каждого года весьма разнообразны и непредсказуемы. Средняя годовая температура воздуха за последние 20 лет находилась на уровне +2,8 °С, колебания отмечали от +0,6 в 2010 г. до +4,3 °С в 2002 г. Большинство последних лет существенно те-

плее, чем вторая половина прошлого столетия. Лишь в 2010 г. температура воздуха ниже средней, в то время как в остальные годы нового столетия она превышала средние значения на 0,3...3,3 °С. Континентальность климата формирует большую разницу между средней температурой самого теплого месяца (июль +19,5 °С) и самого холодного (январь –17,1 °С) и составляет 36,6 °С. Летние температурные максимумы приходились на июль-август и достигали +38,3 °С (2002 г.), зимние минимумы — на январь и опускались до –48,2 °С (2001 г.). Сумма температур выше 5 °С в среднем составляла 2422 °С; сумма температур выше 10 °С — 2156 °С.

Повышенные температуры, проявляющиеся в последние годы, часто сопровождались недостатком влаги. Так, в 2012 г. в период май — июнь выпало 34 мм осадков, а с середины июля начали выпадать дожди. В 2011, 2007 и 2019 гг. за год выпало 315, 372 и 374 мм осадков соответственно. В среднем годовое количество осадков за последние 20 лет составляло 446 мм. Во время теплого сезона (апрель — октябрь) выпадало 65 % от общего их числа.

Устойчивый снежный покров формировался в ноябре, разрушается — в апреле. В многоснежные зимы формировался 82-сантиметровый снежный покров, а в малоснежные — 21 см.

Объектами исследования в настоящей работе были сортообразцы облепихи гибридного происхождения 1993–2005 гг. скрещивания. Наблюдения проводили в 2016–2020 гг. на территории отдела НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко Федерального Алтайского научного центра агроботехнологий (НИИСС ФГБНУ ФАНЦА). Растения на участках сортоизучения размещены по схеме 4,0×1,5 м и возделываются в богарных условиях. В качестве контрольного сорта использовали районированный, наиболее распространенный сорт Чуйская. В каждой изучаемой группе сортообразцов использованы эталонные сорта — лучшие по конкретным характеристикам.

Методическая составляющая работы базировалась на основе общепринятых нормативов и рекомендаций [21, 22] с определенными корректировками:

масса 100 плодов (ранжирование с корректировками к методике [22]: мелкие — менее 60 г, средние — 60...80 г, крупные — 80...100 г, очень крупные — более 100 г); длина плодоножки (три градации, согласно [22]);

усилие отрыва плодов оценивали прибором «Индикатор силы Дина-1», в период потребительской зрелости в трех повторностях по 30 плодов в каждой (ранжирование с корректировками к методике [22]: очень низкое — менее 120 г, низкое — 120...160 г, среднее — 160...200 г, высокое — более 200 г); окраска, вкус и форма плодов — органолептически.

Биохимические анализы проводили сотрудники лаборатории промышленных технологий НИИСС ФГБНУ ФАНЦА. Плоды для анализов отбирали с типичных растений в период технической спелости и доставляли в лабораторию на початках.

Ранжирование сортообразцов облепихи по биохимическим показателям осуществляли с корректировкой к методике [22] в следующих градациях: содержание в плодах сахаров, % — низкое (менее 5), среднее (5...7), высокое (более 7); масла, % на сырой вес, — низкое (менее 3), среднее (3...4), высокое (более 4); каротиноидов,

мг на 100 г плодов: низкое (менее 10), среднее (10...20), высокое (более 20); общая кислотность, %, — низкая (менее 1,5), средняя (1,5...2,0), высокая (более 2,0).

Результаты исследований и обсуждение

В геноме облепихи подвида *tungolica* встречаются образцы с гармоничным вкусом плодов, что позволило к настоящему времени создать несколько уникальных по вкусовым особенностям сортов, таких как Алтайская, Жемчужница и Эссель. Дальнейшая селекционная работа позволила выделить ряд перспективных гибридов в этом направлении, отличающихся помимо высоких органолептических характеристик еще и дополнительным набором ценных хозяйственно-биологических признаков.

Для потребления в свежем виде, кроме вкусовых характеристик, важным показателем является внешний вид продукта, который применительно к облепихе характеризуется размерами плодов. Нами отобраны сладкоплодные сортообразцы 198–99–3а и 62–01–2 с массой плода на уровне 1,0 г, что практически на 0,3 г превышает массу контрольного сорта Чуйская и одного из наиболее сладких сортов селекции НИИСС — Алтайская (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сладкоплодных сортообразцов облепихи

Сорт, отборная форма	Происхождение	Содержание сахаров, %	Общая кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
Алтайская	30–61–1487 св. оп.	7,4	1,1	6,7	74	153
57–01–1	1239–81–1×1170–86	7,0	1,1	6,4	69	174
146–02–1	1186–84–2×1431–86	7,0	1,3	5,4	74	155
226–00–1	87–93–3×35–61–2244	6,3	1,2	5,3	62	123
218–00–1	Теньга × 234–90–3	5,9	1,3	4,5	65	168
198–99–3а	Этна св. оп.	6,0	1,4	4,3	101	155
62–01–2	Эссель×1299–86	6,4	1,5	4,3	104	154
131–02–1	Елизавета×1431–86	5,5	1,3	4,2	80	193
243–00–2	Августина×1431–86	6,3	1,5	4,2	78	157
364–05–1	Этна × Гном	6,6	1,6	4,1	68	144
Чуйская (к)	Чуйская эк. форма	6,0	1,5	4,0	76	143

Table 1

Characteristics of sweet seabuckthorn varieties

Cultivar, variety	Origin	Sugar, %	Acids, %	Sugar-acid index	Weight of 100 berries, g	Tear-off force, g
Altaiskaya	30–61–1487 free pollination	7.4	1.1	6.7	74	153
57–01–1	1239–81–1×1170–86	7.0	1.1	6.4	69	174
146–02–1	1186–84–2×1431–86	7.0	1.3	5.4	74	155

End of table 1

Cultivar, variety	Origin	Sugar, %	Acids, %	Sugar-acid index	Weight of 100 berries, g	Tear-off force, g
226-00-1	87-93-3×35-61-2244	6.3	1.2	5.3	62	123
218-00-1	Tenga×234-90-3	5.9	1.3	4.5	65	168
198-99-3a	Ethna free pollination	6.0	1.4	4.3	101	155
62-01-2	Essel×1299-86	6.4	1.5	4.3	104	154
131-02-1	Elizaveta×1431-86	5.5	1.3	4.2	80	193
243-00-2	Avgustina×1431-86	6.3	1.5	4.2	78	157
364-05-1	Ethna×Gnom	6.6	1.6	4.1	68	144
Chuiskaya (st)	Chuiskaya ecological form	6.0	1.5	4.0	76	143

Наиболее гармоничным вкусом плодов, который тесно коррелирует с сахарокислотным индексом, отличались образцы 57-01-1, 146-02-1 и 226-00-1 с показателями сахарокислотного индекса 6,4, 5,4 и 5,3 соответственно, что лишь незначительно уступает эталонному с точки зрения вкуса сорту Алтайская.

Анализ родительских форм выделенных сладкоплодных сортообразцов не выявил каких-либо очевидных доноров, либо закономерностей, в связи с чем направленная селекция на этот признак носит непредсказуемый характер.

Для выбора промышленного сорта облепихи большое значение имеет высокая производительность при ручном сборе плодов. В этой связи особый акцент в отборе перспективных гибридов нами уделяется показателю усилия отрыва плодов от ветви. В группе сладкоплодных сортообразцов наименьшим усилием отрыва обладает форма 226-00-1 с показателем 123 г. Большинство выделенных сладкоплодных форм характеризуются низким (143...155 г) и средним уровнем показателя (168...193 г).

Продолжая анализ усилия отрыва плодов применительно ко всей совокупности отборных форм, выделили группу гибридов с низкими и очень низкими значениями показателя. Формы 149-00-3 и 664-00-2 вошли в группу с очень низким усилием отрыва — 95 и 110 г соответственно, что на 23...33 % ниже по сравнению с контрольным сортом Чуйская и на 13...25 % ниже, чем у эталонного сорта Анастасия (табл. 2). Принимая во внимание очень высокую эффективность ручного сбора на контрольном и эталонном сорте, можно сделать предположение о еще более значительной производительности на сборе плодов выделенных сортообразцов.

Таблица 2

Характеристика сортообразцов облепихи со слабым усилием отрыва плодов

Сорт, отборная форма	Происхождение	Длина плодоножки, мм	Форма плодов	Вкус	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
149-00-3	Августина×Гном	4...6	Обратно-яйцевидная	Кислый	76	95
664-00-2	Иня×35-61-2244	4...5	Овальная	Кислый	77	110
226-00-1	87-93-3×35-61-2244	4...5	Овальная	Сладкий	62	123
Анастасия	Пантелеевская×1431-86	3...4	Овальная	Кислый	77	126

Окончание таблицы 2

Сорт, отборная форма	Происхождение	Длина плодоножки, мм	Форма плодов	Вкус	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
12-96-8	Чечек×1320-86	4...5	Цилиндрическая	Кислый	57	134
165-02-2	165-81-1×1301-86	3...4	Округлая	Кислый	61	139
Чуйская (к)	Чуйская эк. форма	4...5	Цилиндрическая	Кисло-сладкий	76	143

Table 2

Characteristics of low tear-off force seabuckthorn varieties

Cultivar, variety	Origin	Pedicle length, mm	Berries shape	Taste	Weight of 100 berries, g	Tear-off force, g
149-00-3	Avgustina×Gnom	4-6	Inversely-egg shaped	Sour	76	95
664-00-2	Inja×35-61-2244	4-5	Oval	Sour	77	110
226-00-1	87-93-3×35-61-2244	4-5	Oval	Sweet	62	123
Anastasia	Panteleevskaya×1431-86	3-4	Oval	Sour	77	126
12-96-8	Chechek×1320-86	4-5	Cylindrical	Sour	57	134
165-02-2	165-81-1×1301-86	3-4	Roundish	Sour	61	139
Chuiskaya (st)	Chuiskaya ecological form	4-5	Cylindrical	Sour-sweet	76	143

В отличие от двух предыдущих групп, в наследовании признака крупноплодности просматривается очевидный донор — сорт Августина. Используемый в качестве материнской формы в гибридизации, он часто передает потомству крупноплодность, и, в частности, самый крупноплодный сортообразец в нашей коллекции 185-99-5 со средней массой плода 1,67 г (максимальная — 2,10 г) является потомком сорта Августина. При этом сам сорт в исследованиях на этот признак взят в качестве эталонного и стабильно демонстрирует высокие результаты (в среднем 1,31 г). Контрольный сорт Чуйская значительно ниже по уровню крупноплодности в сравнении с лучшими гибридами (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика крупноплодных сортообразцов облепихи

Сорт, отборная форма	Происхождение	Длина плодоножки, мм	Форма плодов	Вкус	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
185-99-5	Августина св. оп.	4-5	Обратно-яйцевидная	Кислый	167	190
Августина	89-72-6а св. оп.	5-6	Обратно-яйцевидная	Сладко-кислый	131	126
149-00-4	Августина×Гном	3-4	Обратно-яйцевидная	Кислый	112	179

Сорт, отборная форма	Происхождение	Длина плодоножки, мм	Форма плодов	Вкус	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
14-01-5	Августина×1170-86	5-6	Широкоовальная	Кислый	104	154
153-03-1	1170-86-10×1431-86	3-4	Цилиндрическая	Сладко-кислый	104	195
236-96-2	Аула×35-61-2244	2-3	Широкоовальная	Сладко-кислый	104	206
62-01-2	Эссель×1299-86	3-4	Цилиндрическая	Кисло-сладкий	104	154
198-99-3а	Этна св. оп.	3-4	Цилиндрическая	Кисло-сладкий	101	155
Чуйская (к)	Чуйская эк. форма	4-5	Цилиндрическая	Кисло-сладкий	76	143

Table 3

Characteristics of seabuckthorn varieties with large berries

Cultivar, variety	Origin	Pedicle length, mm	Berries shape	Taste	Weight of 100 berries, g	Tear-off force, g
185-99-5	Avgustina free pollination	4-5	Inversely-egg shaped	Sour	167	190
Avgustina	89-72-6a free pollination	5-6	Inversely-egg shaped	Sweet-sour	131	126
149-00-4	Avgustina×Gnom	3-4	Inversely-egg shaped	Sour	112	179
14-01-5	Avgustina×1170-86	5-6	Wide-oval	Sour	104	154
153-03-1	1170-86-10×1431-86	3-4	Cylindrical	Sweet-sour	104	195
236-96-2	Aula×35-61-2244	2-3	Wide-oval	Sweet-sour	104	206
62-01-2	Essel×1299-86	3-4	Cylindrical	Sour-sweet	104	154
198-99-3а	Ethna free pollination	3-4	Cylindrical	Sour-sweet	101	155
Chuiskaya (st)	Chuiskaya ecological form	4-5	Cylindrical	Sour-sweet	76	143

Помимо крупноплодности сорт Августина стабильно передает в потомстве специфическую форму плода — обратно-яйцевидную, которая, соответственно, тесно коррелирует с крупноплодностью.

В группе перспективных крупноплодных сортообразцов отсутствуют формы с гармоничным вкусом и легким усилением отрыва плодов. Лишь умеренно крупные образцы 62-01-2 и 198-99-3а обладают гармоничным кисло-сладким и сладким вкусом соответственно. За исключением сорта Августина наиболее крупноплодные сортообразцы отличаются средними и высокими значениями усилия отрыва плодов, что не позволяет рекомендовать их для широкого использования ручного сбора в промышленном садоводстве.

Рассматривая культуру облепихи как исключительно промышленную, где основной продукт переработки представляет собой концентрат облепихового масла, который оценивается по уровню содержания в нем каротиноидов, поиск высококаротиноидных форм следует считать чрезвычайно актуальной задачей. В настоящее время во всем сортименте облепихи, созданном в НИИСС, незначительное количество сортов (Живко, Чечек, Чулышманка, Джемоя, Этна и Огниво) отличается высокими значениями содержания каротиноидов. Это объясняется тем, что существуют отрицательная корреляционная зависимость между уровнем содержания каротиноидов в плодах и таких важных хозяйственно-биологических признаков как масса и вкус плодов. Кроме того, в группе красноплодных (высококаротиноидных) форм редко встречаются образцы с легким усилием отрыва.

Как видно из табл. 4, всего одна из выделенных красноплодных форм — 258–03–1 по массе плодов превышает значения контрольного сорта Чуйская и эталонного — Огниво (табл. 4). Причем как содержание каротиноидов, так и масла в плодах этой формы превышают значения лучших сортов, что является важным с точки зрения перспективности ее для переработки на концентрат облепихового масла. У максимально каротиноидных форм 170–03–1 и 360–05–1 масса 100 плодов находится на среднем уровне (65 и 61 г соответственно), что не позволяет рассматривать их в качестве реальных претендентов в сорта.

Таблица 4

Характеристика красноплодных сортообразцов облепихи

Сорт, отборная форма	Происхождение	Содержание каротиноидов, мг, %	Содержание масла, %	Вкус	Масса 100 плодов, г	Усилие отрыва плодов, г
170–03–1	42–68–2×1299–86	38,4	2,9	Кислый	65	187
360–05–1	4–93–1×1130–86	37,0	3,4	Кислый	61	141
57–01–1	1239–81–1×1170–86	31,1	4,2	Кисло-сладкий	69	174
721–93–4	Теньга×1301–86	30,4	3,9	Сладко-кислый	68	193
165–02–2	165–81–1×1301–86	28,0	3,7	Кислый	61	140
143–02–1	266–87–1×1130–86	26,2	3,9	Кислый	54	144
258–03–1	Жемчужница×35–61–2244	26,0	4,9	Кислый	84	179
79–01–1	87–93–3 св. оп.	25,9	3,6	Кислый	58	160
Огниво	Чечек×14–68 11–45	23,7	4,2	Кислый	80	205
125–02–1	Улала×1299–86	22,2	3,3	Сладко-кислый	74	182
126–02–1	Иня×1301–86	20,8	3,2	Кислый	60	146
Чуйская (к)	Чуйская эк. форма	13,7	4,0	Кисло-сладкий	76	143

Characteristics of red-colored seabuckthorn varieties

Cultivar, variety	Origin	Caratenoids content, mg%	Oil content, %	Taste	Weight of 100 berries, g	Tear-off force, g
170-03-1	42-68-2×1299-86	38.4	2.9	Sour	65	187
360-05-1	4-93-1×1130-86	37.0	3.4	Sour	61	141
57-01-1	1239-81-1×1170-86	31.1	4.2	Sour-sweet	69	174
721-93-4	Tenga×1301-86	30.4	3.9	Sweet-sour	68	193
165-02-2	165-81-1×1301-86	28.0	3.7	Sour	61	140
143-02-1	266-87-1×1130-86	26.2	3.9	Sour	54	144
258-03-1	Zhemchuzhnitsa×35-61-2244	26.0	4.9	Sour	84	179
79-01-1	87-93-3 free pollination	25.9	3.6	Sour	58	160
Ognivo	Chechek×14-68 11-45	23.7	4.2	Sour	80	205
125-02-1	Ulala×1299-86	22.2	3.3	Sweet-sour	74	182
126-02-1	Inja×1301-86	20.8	3.2	Sour	60	146
Chuiskaya (st)	Chuiskaya ecological form	13.7	4.0	Sour-sweet	76	143

Понимая, что основное направление использования данных сортов — техническое, вкус плодов отнесем к вторичным показателям. Вместе с тем, следует отметить, что красноплодная форма 57-01-1 характеризуется кисло-сладким гармоничным вкусом, что является крайне редким случаем и заслуживает определенного внимания.

Анализируя родительские формы из списка оцениваемых сортообразцов, мы не находим очевидных доноров красной окраски плодов. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что в более чем половине случаев материнские формы, обозначенные в табл. 4, отличаются красными либо оранжево-красными оттенками. В целом это говорит о достаточно высоком уровне наследования красной окраски, и, как следствие, высокого содержания каротиноидов. Таким образом, селекционную работу в направлении поиска высококаротиноидных форм можно оценивать как достаточно предсказуемую и перспективную.

Таким образом, коллекция отборных форм НИИСС обладает высоким потенциалом для создания сортов нового поколения с комплексом хозяйственно ценных признаков.

Заключение

На основе комплексной оценки отборных форм и сортов облепихи НИИСС выделены группы перспективных сортообразцов по основным хозяйственно ценным признакам. Наиболее гармоничным вкусом плодов обладали образцы

57–01–1, 146–02–1 и 226–00–1 с показателями сахарокислотного индекса 6,4, 5,4 и 5,3 соответственно. Формы 149–00–3 и 664–00–2 вошли в группу с очень низким усилием отрыва плодов — 95 и 110 г соответственно, что на 23...33 % ниже по сравнению с контрольным сортом Чуйская и на 13...25 % — с эталонным сортом Анастасия. Выявлен сортообразец 185–99–5 со средней массой плода 1,67 г (максимальная — 2,10 г), что превышает значения контрольного сорта в более чем в 2 раза. В качестве материнской исходной формы на признак крупноплодности выделен сорт Августина, стабильно передающий потомству высокую массу плода. Выделен перспективный красноплодный сортообразец 258–03–1, по массе плодов превышающий значения контрольного сорта Чуйская и эталонного сорта Огниво. Наряду с относительно высоким содержанием каротиноидов, данный образец характеризуется высоким содержанием масла, что является ценным критерием при выборе промышленного сорта технического назначения. Многие сортообразцы вошли в различные изучаемые группы, демонстрируя, таким образом, комплексность хозяйственно ценных признаков.

Библиографический список

1. Пантелеева Е.И. Облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.): монография. Барнаул: Аз Бука, 2006. 249 с.
2. Аксенова Н.А., Долгачева В.С. О новых сортообразцах облепихи селекции ботанического сада Московского университета // Новое в биологии, химии и фармакологии облепихи: сб. науч. тр. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. С. 23–28.
3. Фефелов В.А. Биологические особенности и селекция облепихи крушиновой (*Hippophae rhamnoides* L.) в средней полосе России: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Брянск, 2011. 46 с.
4. Ширинимбуева Б.Ц., Мяханова Н.Т., Будаева Н.А. Интенсивные сорта облепихи бурятской селекции // Современное садоводство. 2014. № 3. С. 60–64. Режим доступа: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2014/3/41.pdf> Дата обращения: 15.06.2021.
5. Щапов Н.С., Белых А.М. Сорта облепихи селекции ИЦИГ и Новосибирской ЗПЯОС им. И.И. Мичурина // Облепиха в лесостепи Приобья: сб. науч. тр. Новосибирск: Сиб. отд-ние РАСХН: Сиб. отд-ние РАН, 1999. С. 50–55.
6. Ильина Н.А., Ильин В.С. Результаты многолетних исследований по облепихе // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр. Т. 13. Челябинск: ЮУНИИПОК, 2011. С. 96–98.
7. Чепелева Г.Г., Шин Г.С. Исследования перспективных сортов облепихи *Hippophae* L., интродуцированных в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. 2007. № 1. С. 111–115.
8. Ермаков Б.С., Койков Н.Т., Шретер А.И. Некоторые особенности облепихи, произрастающей в Калининградской области // Биология, химия, интродукция и селекция облепихи: сб. науч. тр. Горький: Изд-во ГСХИ, 1986. С. 48–54.
9. Moskaliuk T. Naturalization of *Hippophae rhamnoides* L. on the Russian Far East (Primorye territory) // Seabuckthorn. Research for a promising crop: A look at recent developments in cultivation, breeding, technology, health and environment. Berlin: Books on Demand, 2014. P. 167–175.
10. Demidova N.A. Research on the Introduction of Seabuckthorn Varieties in North Russia // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 1: Botany, Harvesting and Processing Technologies. New Delhi: Indus Publishing Company, 2003. P. 125–136.
11. Гаранович И.М. Интродукция, селекция и плантационное освоение культуры облепихи в БССР // Новое в биологии, химии и фармакологии облепихи: сб. науч. тр. Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1991. С. 16–23.
12. Черноштанов Н.А. Состояние и формовое разнообразие облепихи крушиновой на Северо-Западном Кавказе // Новые технологии. 2008. Вып. 5. С. 50–55.

13. Меженский В.Н. Некоторые итоги сортоизучения и селекции облепихи в Донбассе // Проблемы устойчивого развития садоводства Сибири: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию НИИСС им. М.А. Лисавенко. г. Барнаул, 18–23 августа 2003 г. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2003. С. 79–81.
14. Бессчетнов В.П. Облепиха. Алма-Ата: Кайнар, 1980. 80 с.
15. Икрамов М.И., Кабулова Ф.Д. Формовое разнообразие облепихи крушиновидной в долине реки Зарафшан // Биология, химия, интродукция и селекция облепихи: сб. науч. тр. Горький: Изд-во ГСХИ, 1986. С. 43–45.
16. Имамалиев Г.Н. Результаты интродукции алтайских сортов облепихи в условиях Азербайджана // Биология, химия, интродукция и селекция облепихи: сб. науч. тр. Горький: Изд-во ГСХИ, 1986. С. 77–78.
17. Albrecht H.J. Research on Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in Germany // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 1: Botany, Harvesting and Processing Technologies. New Delhi: Indus Publishing Company, 2003. P. 178–186.
18. Kauppinen S. Variety candidate trials in Finland // Seabuckthorn. Research for a promising crop: A look at recent developments in cultivation, breeding, technology, health and environment. Berlin: Books on Demand, 2014. P. 163–167.
19. Rana R.K., Singh A., Dhaliwal Y.S., Singh V. Selection of High Yielding Land Races of Seabuckthorn from Wild Seedling Population of Lahaul and Spiti District of Himachal Pradesh, India // Proceedings of 7-th Conference of the International Seabuckthorn Association on Seabuckthorn. Palampur: Himachal Pradesh Agricultural University, 2015. P. 108–111.
20. Li Daiqiong, Wu Qinxiao, Zhang Jun, Guo Chunhua, Guo Yuxiao, Chen Yunming et al. Studies on Introduction and Evaluation of Improved Russian Seabuckthorn Varieties in China // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 4: Emerging Trends in Research & Technologies. New Delhi: Daya Publishing House, 2014. P. 99–106.
21. Кондрашов В.Т., Пантелеева Е.И., Калинина И.П., Грюнер Л.А. Облепиха // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. С. 404–416.
22. Пантелеева Е.И. Селекция и сортоизучение облепихи. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. 44 с.

References

1. Panteleeva E.I. *Oblepikha krushinovaya (Hippophae rhamnoides L.)* [Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)]. Barnaul: Az Buka publ.; 2006. (In Russ.).
2. Aksenova NA, Dolgacheva VS. New varieties of seabuckthorn bred at the Botanical Garden of Moscow University. In: *Novoe v biologii, khimii i farmakologii oblepikhi* [New in biology, chemistry and pharmacology of seabuckthorn]. Novosibirsk: Nauka publ.; 1991. p.23–28. (In Russ.).
3. Fefelov VA. *Biologicheskie osobennosti i selektsiya oblepikhi krushinovoii (Hippophae rhamnoides L.) v srednei polose Rossii* [Biological features and breeding of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in central Russia]. Bryansk; 2011. (In Russ.).
4. Shiripnimbueva BT, Myahanova NT, Budaeva NA. Intensive sea buckthorn varieties of Buryat breeding. *Contemporary horticulture*. 2014; (3):60–64. Available from: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2014/3/41.pdf> [Accessed 15th June 2021]. (In Russ.).
5. Shchapov NS, Belykh AM. Seabuckthorn varieties bred at ICIG and the Novosibirsk ZPYOS named after I.I. Michurin. In: *Oblepikha v lesostepi Priob'ya* [Seabuckthorn in the forest-steppe area of the Ob region]. Novosibirsk: Sibirskoye Otdelenie RASHN publ.; 1999. p.50–55. (In Russ.).
6. Ilina NA, Ilin VS. The results of long-term research on seabuckthorn. In: *Selektsiya, semenovodstvo i tekhnologiya plodovo-yagodnykh kul'tur i kartofelya. T. 13*. [Selection, seed production and technology of horticultural crops and potatoes. Vol. 13]. Chelyabinsk: YUNIPOK publ.; 2011. p.96–98. (In Russ.).
7. Chepeleva GG, Shin GS. Research of promising varieties of seabuckthorn *Hippophae* L. introduced in Krasnoyarsk Krai. *Bulletin of KrasSAU*. 2007; (1): 111–115. (In Russ.).
8. Ermakov BS, Koykov NT, Shreter AI. Features of seabuckthorn growing in Kaliningrad region. In: *Biologiya, khimiya, introduktsiya i selektsiya oblepikhi* [Biology, chemistry, introduction and selection of seabuckthorn]. Gorky: GSHI publ.; 1986. p.48–54. (In Russ.).
9. Moskalyuk T. Naturalization of *Hippophae rhamnoides* L. on the Russian Far East (Primorye territory). In: *Seabuckthorn. Research for a promising crop: A look at recent developments in cultivation, breeding, technology, health and environment*. Berlin: Books on Demand; 2014. p.167–175.

10. Demidova NA. Research on the Introduction of Seabuckthorn Varieties in North Russia. In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 1: Botany, Harvesting and Processing Technologies*. New Delhi: Indus Publishing Company; 2003. p.125–136.
11. Garanovich IM. Introduction, selection and plantation development of seabuckthorn in Belorussia. In: *Novoe v biologii, khimii i farmakologii oblepikhi* [New in biology, chemistry and pharmacology of seabuckthorn]. Novosibirsk: Nauka publ.; 1991. p.16–23. (In Russ.).
12. Chernoshtanov NA. State and form diversity of seabuckthorn in the North-West Caucasus. *New technologies*. 2008; (5):50–55. (In Russ.).
13. Mezheny VN. Some results of introduction and seabuckthorn breeding in Donbass. In: *Problemy ustoychivogo razvitiya sadovodstva Sibiri* [Problems of sustainable development of horticulture in Siberia]. Barnaul: AGAU publ.; 2003. p.79–81. (In Russ.).
14. Besschetnov VP. *Oblepikha* [Seabuckthorn]. Almaty: Kainar publ.; 1980. (In Russ.).
15. Ikramov MI, Kabulova FD. Form diversity of seabuckthorn in the valley of the Zarafshan river. In: *Biologiya, khimiya, introduktsiya i selektsiya oblepikhi* [Biology, chemistry, introduction and selection of seabuckthorn]. Gorky: GSHI publ.; 1986. p.43–45. (In Russ.).
16. Imamaliyev GN. The introduction results of Altai seabuckthorn varieties to Azerbaijan conditions. In: *Biologiya, khimiya, introduktsiya i selektsiya oblepikhi* [Biology, chemistry, introduction and selection of seabuckthorn]. Gorky: GSHI publ.; 1986. p.77–78. (In Russ.).
17. Albrecht HJ. Research on Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) in Germany. In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 1: Botany, Harvesting and Processing Technologies*. New Delhi: Indus Publishing Company; 2003. p.178–186.
18. Kauppinen S. Variety candidate trials in Finland. In: *Seabuckthorn. Research for a promising crop: A look at recent developments in cultivation, breeding, technology, health and environment*. Berlin: Books on Demand; 2014. p.163–167.
19. Rana RK, Singh A, Dhaliwal YS, Singh V. Selection of High Yielding Land Races of Seabuckthorn from Wild Seedling Population of Lahaul and Spiti District of Himachal Pradesh, India. In: *Proceedings of 7-th Conference of the International Seabuckthorn Association on Seabuckthorn*. Palampur: Himachal Pradesh Agricultural University; 2015. p.108–111.
20. Li D, Wu Q, Zhang J, Guo C, Guo Y, Chen Y, et al. Studies on Introduction and Evaluation of Improved Russian Seabuckthorn Varieties in China. In: *Seabuckthorn (Hippophae L.): A multipurpose Wonder Plant. Vol. 4: Emerging Trends in Research & Technologies*. New Delhi: Daya Publishing House; 2014. p.99–106.
21. Kondrashov VT, Panteleeva EI, Kalinina IP, Gryuner LA. Seabuckthorn. In: *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops]. Orel: VNIISPK publ.; 1999. p.404–416. (In Russ.).
22. Panteleeva EI. *Selektsiya i sortoizuchenie oblepikhi* [Seabuckthorn breeding and variety study]. Barnaul: AGAU publ.; 2010. (In Russ.).

Об авторах:

Зубарев Юрий Анатольевич — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции плодовых и ягодных культур, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Российская Федерация, 656910, г. Барнаул, Научный городок, д. 35; e-mail: niilisavenko@yandex.ru
ORCID 0000–0003–3349–0555, SPIN-код: 9216–7453

Гунин Алексей Васильевич — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции плодовых и ягодных культур, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Российская Федерация, 656910, г. Барнаул, Научный городок, д. 35; e-mail: alexeygunin@yandex.ru
ORCID 0000–0001–8008–8951, SPIN-код: 3163–5470

Пантелеева Елизавета Ивановна — доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории селекции плодовых и ягодных культур, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Российская Федерация, 656910, г. Барнаул, Научный городок, д. 35, e-mail: niilisavenko20@yandex.ru
ORCID 0000–0003–3729–8368, SPIN-код: 9976–5031

Воробьева Анастасия Васильевна — младший научный сотрудник лаборатории селекции плодовых и ягодных культур, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, Фе-

деральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Российская Федерация, 656910, г. Барнаул, Научный городок, д. 35; e-mail: nast.nv-2124@yandex.ru
ORCID 0000–0002–1020–0589, SPIN-код: 8477–7715

About authors:

Zubarev Yuri Anatolyevich — Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Fruits and Berries Crops Selection Laboratory, Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia, Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, 35 Nauchniy Gorodok, Barnaul, 656910, Russian Federation; e-mail: niilisavenko@yandex.ru

ORCID 0000–0003–3349–0555, SPIN-code: 9216–7453

Gunin Aleksey Vasilievich — Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Fruits and Berries Crops Selection Laboratory, Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia, Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, 35 Nauchniy Gorodok, Barnaul, 656910, Russian Federation; e-mail: alexeygunin@yandex.ru

ORCID 0000–0001–8008–8951, SPIN-code: 3163–5470

Panteleeva Elizaveta Ivanovna — Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher, main researcher, Fruits and Berries Crops Selection Laboratory, Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia, Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, 35 Nauchniy Gorodok, Barnaul, 656910, Russian Federation; e-mail: niilisavenko20@yandex.ru

ORCID 0000–0003–3729–8368, SPIN-code: 9976–5031

Vorobyeva Anastasia Vasilevna — junior researcher, Fruits and Berries Crops Selection Laboratory, Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia, Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies, 35 Nauchniy Gorodok, Barnaul, 656910, Russian Federation; e-mail: nast.nv-2124@yandex.ru

ORCID 0000–0002–1020–0589, SPIN-code: 8477–7715



Защита растений Plant protection

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-198-214

УДК 633.491:632.3:57.083

Научная статья / Research article

Разработка новых иммуноаналитических тест-систем для диагностики черной ножки картофеля, вызываемой бактериями *Dickeya* spp.

Ш. Разо^{1,2}  , П.А. Галушка³ , Ю.А. Варицев³ , А.В. Жердев¹ ,
И.В. Сафенкова¹ , Е.Н. Пакина² , Б.Б. Дзантиев¹ 

¹ФИЦ биотехнологии РАН, г. Москва, Российская Федерация

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

³Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха,
Московская обл., п. Красково, Российская Федерация

 1042175063@rudn.ru

Аннотация. Черная ножка картофеля, вызываемая бактериями *Dickeya* spp., является одним из опаснейших бактериозов. Стремительное распространение заболевания на территории России требует новых эффективных диагностических инструментов своевременного выявления инфекции. Получены антисыворотки, специфичные к бактериям *Dickeya* spp. Для поликлональных антител, выделенных из антисывороток, показано высокое сродство к основным видам *Dickeya* spp. (*D. solani*, *D. dianthicola*, *D. chrysanthemi*, *D. dadantii*, *D. paradisiaca*). На основании наиболее специфичных и аффинных антител разработаны иммуноферментная и иммунохроматографическая тест-системы. Для иммуноферментной тест-системы предел обнаружения *D. solani* составил $0,8 \times 10^5$ кл/мл, *D. dianthicola* — 2×10^4 . Для иммунохроматографической тест-системы, пригодной для применения во внелабораторных условиях, предел обнаружения *D. solani* равнялся 2×10^5 кл/мл, время анализа — 15 минут. При характеристике семенного материала картофеля иммунохроматографическая система подтвердила положительные результаты иммуноферментного тестирования в 75 %, а отрицательные — в 100 % случаев.

Ключевые слова: иммуноферментный анализ, иммунохроматографический анализ, фитопатогены, черная ножка картофеля, *Dickeya* spp.

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

Финансирование. Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 0104–2019–0021).

© Разо Ш., Галушка П.А., Варицев Ю.А., Жердев А.В., Сафенкова И.В., Пакина Е.Н., Дзантиев Б.Б., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Авторы благодарят Н.В. Дренову (Всероссийский центр карантина растений, Московская обл., Россия) за помощь в работе с клеточными культурами.

История статьи:

Поступила в редакцию 16 июня 2021 г. Принята к публикации 23 августа 2021 г.

Для цитирования:

Разо Ш., Галушка П.А., Варицев Ю.А., Жердев А.В., Сафенкова И.В., Пакина Е.Н., Дзантиев Б.Б. Разработка новых иммуноаналитических тест-систем для диагностики черной ножки картофеля, вызываемой бактериями *Dickeya* spp. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 198—214. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-198-214

Development of new immunoanalytical test systems for diagnostics of potato blackleg caused by *Dickeya* spp. bacteria

Shyatesa C. Razo^{1,2}  , Pavel A. Galushka³ ,
Yuri A. Varitsev³ , Anatoly V. Zherdev¹ , Irina V. Safenkova¹ ,
Elena N. Pakina² , Boris B. Dzantiev¹ 

¹A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, *Moscow, Russian Federation*

²Agrarian and Technological Institute, RUDN University, *Moscow, Russian Federation*

³Russian Potato Research Center, *Moscow region, Russian Federation*

 1042175063@rudn.ru

Abstract. Potato blackleg caused by *Dickeya* spp. bacteria is one of the most important bacterial diseases of potatoes. The rapid spread of this disease in the territory of Russia requires new effective diagnostic tools for the timely detection of infection. To solve this problem, antisera specific to *Dickeya* spp. were obtained. Polyclonal antibodies isolated from antisera have shown high affinity for the main species of *Dickeya* spp. (*D. solani*, *D. dianthicola*, *D. chrysanthemi*, *D. dadantii*, *D. paradisiaca*). Enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) and lateral flow immunoassay (LFIA) test systems have been developed based on specific and high affinity antibodies that were obtained. For ELISA, the detection limit was 0.8×10^5 cells/mL for *D. solani* and 2×10^4 cells/mL for *D. dianthicola*. For LFIA, suitable for use in non-laboratory conditions, the detection limit of *D. solani* was 2×10^5 cells/mL and the analysis time was 15 minutes. When testing potato seed material, LFIA test system confirmed positive results of ELISA determination in 75 % of samples, and negative — in 100 % of samples.

Keywords: Enzyme linked immunosorbent assay, lateral flow immunoassay, phytopathogens, potato blackleg, *Dickeya* spp.

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

Acknowledgments. The authors are grateful to Drenova N.V. (Russian Plant Quarantine Center, Moscow Region, Russia) for help in working with cell cultures. The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. 0104–2019–0021).

Article history: Received: 16 June 2021. Accepted: 23 August 2021

For citation:

Razo SC, Galushka PA, Varitsev YA, Zherdev AV, Safenkova IV, Pakina EN, Dzantiev BB. Development of new immunoanalytical test systems for diagnostics of potato blackleg caused by *Dickeya* spp. bacteria. *RUDN*

Введение

Черная ножка картофеля, вызываемая бактериями *Dickeya* spp., — одно из опаснейших и агрессивно развивающихся заболеваний картофеля [1]. Данная болезнь может приводить к задержке роста, увяданию, хлорозу листьев, некрозу нескольких тканей, снижению урожайности, а иногда и к гибели растений [2]. Заболевание обнаружено на территории РФ сравнительно недавно, первые упоминания относятся к 2009 г. [3]. Однако уже к 2013 г. на *Dickeya* spp. приходилось до 28 % зараженного семенного материала при ПЦР тестировании [4] и до 24 % — при скрининге иммуноферментными системами [5]. Существует несколько факторов, которые вызывают рост распространенности болезней картофеля данной этиологии [6–8]. Прежде всего это климатический фактор — повышение температуры как следствие глобального потепления положительно влияет на рост и развитие бактерий *Dickeya* spp. Вторым фактором является популяционная устойчивость бактерий *Dickeya* spp. относительно других видов патогенов. Так, при анализе часто выявляются смешанные инфекции, включающие *Dickeya* spp. как один из компонентов комплексного бактериоза. И третий важнейший фактор — способность бактерий *Dickeya* spp. долгое время находиться в виде латентной инфекции, проявляясь лишь в определенных агроклиматических условиях. Скрытое инфицирование семенного картофеля является частой причиной распространения черной ножки во всем мире [9]. Таким образом, черная ножка картофеля, вызываемая бактериями *Dickeya* spp., является значительной угрозой для производства картофеля на территории РФ.

На сегодняшний день выбраковка зараженных растений на ранних этапах болезни — наиболее эффективный способ предотвратить или минимизировать урон от черной ножки. Для этого необходим постоянный мониторинг инфицирования семенного материала. Среди диагностических инструментов, решающих эту задачу, выделяют две группы методов. Первая группа основана на распознавании и дальнейшей амплификации ДНК фрагмента бактерии. Это прежде всего ПЦР-методы, описанные в [10] и представленные зарубежными и отечественными компаниями в виде коммерчески доступных тест-систем. Высокая чувствительность — основное преимущество ПЦР-методов, но их ограничение — строгие требования к лабораторному оборудованию и условиям проведения анализа. Вторую группу составляют иммунохимические методы, основанные на распознавании антигенных детерминант на поверхности бактериальных клеток. В этой категории наиболее распространенными и коммерчески доступными являются иммуноферментный анализ (ИФА) и иммунохроматографический анализ (ИХА). В обоих случаях распознавание бактерии происходит благодаря специфическим антителам, которые взаимодействуют с бактерией или фрагментами, содержащими ее антигенные детерминанты (полисахариды, белки). Как правило, чувствительность иммуноаналитических методов уступает ПЦР диагностике, но минимальный набор оборудования для ИФА — всего лишь термостат, холодильник и набор автоматических пипеток. Для ИХА оборудование не требуется, весь анализ занимает 10...15 минут

и может быть проведен в полевых условиях. Для детекции *Dickeya* spp. доступны коммерческие ИФА наборы зарубежных производителей Loewe и Agdia и ИФА набор, производимый Федеральным исследовательским центром картофеля им. А.Г. Лорха (ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха). Среди коммерчески доступных иммунохроматографических тест-полосок доминируют те же зарубежные компании; имеется единственный отечественный производитель (www.тест-картофель.рф), работающий в тесном научном сотрудничестве с ФИЦ Биотехнологии РАН и ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха. На сегодняшний день производство отечественных иммуноаналитических тест-систем по объемам уступает зарубежным конкурентам, что не позволяет проводить мониторинг инфицирования на регулярной основе на всех этапах производства картофеля. Одним из препятствий на пути к разработке новых иммунодиагностических систем является ограниченность иммунореагентов. Расширение иммунореагентной базы за счет появления новых специфичных антител будет способствовать разработке новых иммуноаналитических тест-систем.

Основная **цель исследования** — получение новых поликлональных антител, специфичных к *Dickeya* spp., и разработка на их основе иммуноаналитических тест-систем (ИФА, ИХА).

Материалы и методы исследования

Бактериальные изоляты. *D. solani* (DSM 28711), *D. dianthicola* (DSM 18054), *D. zea* (DSM 18068), *D. dadantii* subsp. *dadantii* (DSM 18020), *D. paradisiaca* (DSM 18069), *D. fangzhongdai* (DSM 101947), *D. chrysanthemi* (DSM 4610), *Pectobacterium atrosepticum* (DSM 18077) и *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* (DSM 30168) получены из Немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур (DSMZ, Германия), хранение и культивирование полученных изолятов на территории РФ проводили во Всероссийском центре карантина растений (Московская обл., Россия). Изоляты *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Cms204, Cms M1, Cms M2) получены из Всероссийского центра карантина растений.

Реагенты. В работе использовали конъюгаты пероксидазы хрена с козьими антителами против иммуноглобулинов кролика (Имтек, Россия), Тритон X-100, Твин-20 (Химмед, Россия), бычий сывороточный альбумин (БСА), однокомпонентный субстратный раствор для пероксидазы, содержащий тетраметилбензидин (ТМБ) и пероксид водорода (НВО Иммунотех, Россия), золотохлористоводородную кислоту (HAuCl_4), азид натрия (Sigma-Aldrich, США). Все использованные реагенты (соли, кислоты и растворители) были химической чистоты.

Для проведения иммуноферментного анализа использовали 96-луночные прозрачные микропланшеты (Corning Costar, США). Все растворы были приготовлены с использованием воды Milli-Q (Millipore, США).

В работе использовали иммунохроматографические мембраны, приобретенные в Advanced Microdevices (Индия): нитроцеллюлозные мембраны CNPC-12 μ , стекловолоконные мембраны для конъюгата (PT-R5), впитывающие мембраны для проб (GFB-R4) и конечные абсорбирующие мембраны (AP045).

Получение антисывороток и выделение поликлональных антител. Для получения антисывороток проводили иммунизацию кроликов породы шиншиллы 72-часовой культурой бактерий *D. solani* из расчета 10^9 клеток на инъекцию. При иммунизации с недельными интервалами использовали неполный адьювант Фрейнда, 1-я и 6-я инъекции — подкожные, со 2-й по 5-ю инъекции — внутримышечные. Забор крови проводили через 7...14 дней после последней инъекции. Иммуноглобулины класса G (IgG) выделяли из антисыворотки с помощью осаждения насыщенным раствором сульфата аммония и аффинной хроматографией на колонке с белком А-Сефароза CL-4B (Sigma-Aldrich, США).

Получение конъюгатов антител. Для ИФА антитела конъюгировали с пероксидазой хрена, используя перйодатный метод синтеза с модификациями, описанными в [11].

Для ИХА антитела конъюгировали с наночастицами золота (НЧЗ). Предварительно методом цитратного восстановления синтезировали НЧЗ с диаметром 20 нм [12]. Затем НЧЗ конъюгировали с антителами (IgG), специфичными к *D. solani*, методом физической адсорбции согласно протоколу, описанному в [13].

Приготовление экстракта клубней картофеля. Для анализа готовили экстракт по следующей технологии: из каждой партии клубней картофеля (200 клубней) вырезали конусы сосудистой ткани 3...5 мм в диаметре. Пробы помещали в колбу, экстрагировали бактерии в течение 16...24 ч стерильным 50 мМ фосфатным буфером (ФБС), pH 7,0, и удаляли фильтрацией крупные частицы. Полученный экстракт далее центрифугировали в течение 10 мин при 10000 g, 4 °С, после удаления супернатанта осадок ресуспендировали в буфере для проб и использовали для анализа.

Характеристика сывороток и выделенных антител методом иммуноферментного анализа. Бактерии *D. solani* 28711 (1×10^8 кл./мл в ФБС) сорбировали в лунки микропланшета в течение 2 ч при 37 °С. Не связавшиеся реагенты удаляли трехкратной промывкой лунок ФБС с добавлением 0,05 % Тритон X-100 (ФБС-Т), используя Thermo Electron WellWash 4 MK2 (Thermo Scientific, США). После отмывки в лунки вносили антисыворотки (разбавление от 10^3 до 10^8 в ФБС-Т) или выделенные IgG (от 0,1 до 300 нг/мл в ФБС-Т) инкубировали в течение 1 ч при 37 °С. Микропланшет трижды отмывали ФБС-Т, после чего добавляли конъюгат пероксидазы с козьими антителами против иммуноглобулинов кролика (разведение коммерческого препарата 1:5000 в ФБС-Т), инкубировали в течение 1 ч при 37 °С. После отмывки в лунки микропланшета вносили 100 мкл субстратной смеси, содержащей ТМБ и H_2O_2 , и инкубировали 15 мин при комнатной температуре. Ферментативную реакцию останавливали добавлением 50 мкл 1 М серной кислоты. Оптическую плотность измеряли при длине волны 450 нм (OP_{450}) с помощью планшетного спектрофотомера Zenyth 3100 (Anthos Labtec Instruments, Австрия). Для обработки полученных данных использовали компьютерную программу Origin Pro 9.0 (Origin Lab, США). Титром антисыворотки считали ее разбавление, сигнал в ИФА для которого равен сумме среднего значения OP_{450} и трех стандартных отклонений для сыворотки не иммунизированного животного (отрицательный контроль).

Проведение сэндвич иммуноферментного анализа. ИФА на основе полученного конъюгата антител с пероксидазой проводили по методике, разработанной в ФИЦ

картофеля им. А.Г. Лорха для возбудителей бактериальных болезней картофеля и описанной в [11].

Получение иммунохроматографических тест-полосок. Иммунохроматографические тест-полоски собирали в сэндвич формате по схеме и протоколу, описанным в [14]. В тестовую зону наносили поликлональные антитела, специфичные к *D. solani* (1 мг/мл в ФБС с 5 % глицерина и 0,03 % NaN_3), в контрольную зону наносили стафилококковый белок А (0,5 мг/мл в ФБС с 5 % глицерина и 0,03 % NaN_3). Конъюгат НЧЗ с антителами наносили на стекловолоконную мембрану (ширина 5 мм) из расчета 1,6 мкл на мм. Мембраны сушили при 37 °С не менее 6 ч, после чего собирали мульти-мембранный композит, состоящий из впитывающей мембраны для пробы, мембраны с конъюгатом, нитроцеллюлозной мембраны и впитывающей мембраны. Для получения иммунохроматографических тест-полосок (ширина 3 мм) мульти-мембранный композит нарезали с использованием автоматической гильотины Index Cutter-1 (A-Point Technologies, США). Тест-полоски упаковывали в пакеты из ламинированной алюминиевой фольги, содержащие силикагель, и хранили при комнатной температуре.

Проведение иммунохроматографического анализа. Нижний край тест-полоски погружали непосредственно в анализируемую пробу (буфер или экстракт) и через 15 мин визуально оценивали результат. Появление двух окрашенных полос свидетельствовало о наличии инфекции в пробе; одна полоса в контрольной зоне означала отсутствие бактерий в пробе или их наличие, но в концентрации ниже предела обнаружения тест-полосок.

Результаты исследования и обсуждения

Характеристика полученных антисывороток и выделенных IgG. В результате иммунизации кроликов получены по четыре антисыворотки от двух кроликов, взятые через 7 и 14 дней после окончания инъекции. Специфичность и титр сывороток определяли методом непрямого ИФА. Результаты приведены на рис. 1. Из рис. 1, а видно, что титры полученных антисывороток отличаются незначительно, максимальный титр (1×10^7) показали две сыворотки (№ 1, 2). Неспецифический титр антисывороток относительно близкородственного патогена — бактерии *P. atrosepticum*, также вызывающей симптомы черной ножки, был на два порядка ниже специфического (рис. 1). При этом неспецифическое связывание антисывороток № 1 и 2 было ниже, чем антисывороток № 3 и 4. В соответствии с полученными результатами для дальнейшей работы IgG были выделены из антисывороток № 1 и 2.

Для выделенных из сывороток методом ИФА антител подтверждена высокая антиген-связывающая активность относительно бактерий *D. solani* (рис. 2). Антитела распознавали клетки *D. solani*, сорбированные в лунках микропланшета при концентрации 1 нг/мл и выше. Полученные концентрационные зависимости (рис. 2) говорят о присутствии в препарате выделенных IgG значительного количества высокоаффинных молекул. Оба выделенных препарата антител перспективны для разработки иммуноферментных и иммунохроматографических тест-систем. Для дальнейшей работы использовали антитела, выделенные из антисыворотки № 1.

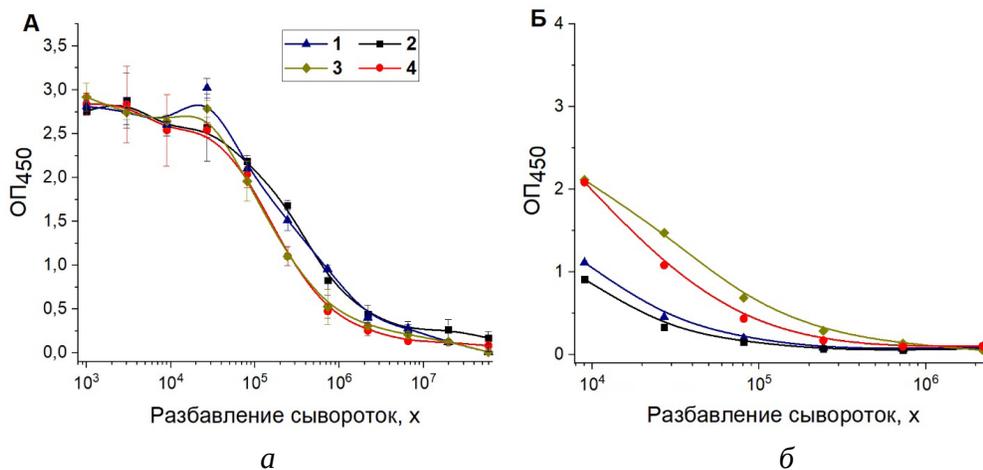


Рис. 1. Сравнение антисывороток, специфичных к *D. solani*, методом ИФА при сорбции на микропланшете бактерий *D. solani* (а) и *P. atrosepticum* (б): 1–4 – номера сывороток

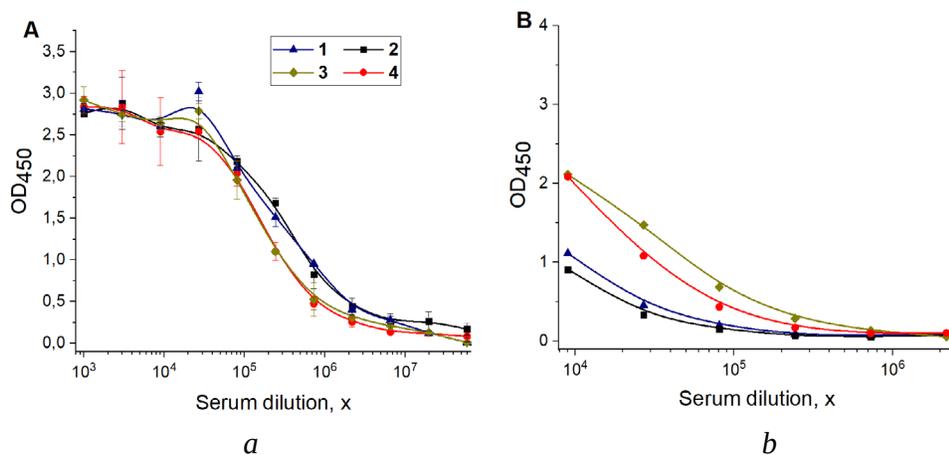


Fig. 1. Comparison of antisera specific to *D. solani* through ELISA, with absorption of *D. solani* bacteria (a) and *P. atrosepticum* (b) on a microplate: 1–4 – numbers of serum

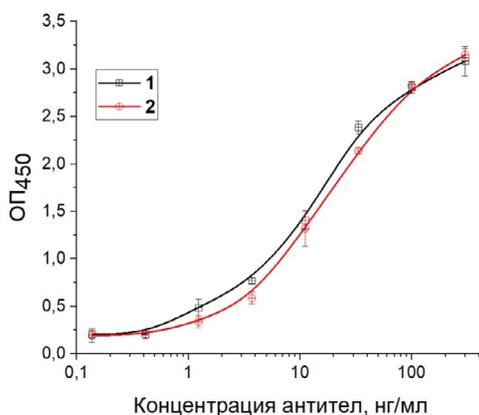


Рис. 2. Концентрационные зависимости антител, полученные методом ИФА, для клеток *D. solani*, сорбированных в лунках микропланшета в концентрации 1×10^8 кл./мл: 1, 2 – номера сывороток, из которых выделены антитела

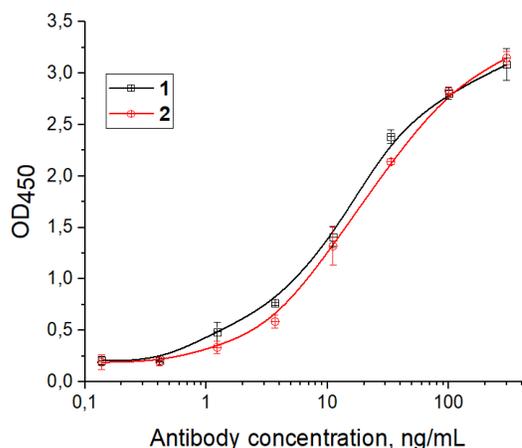


Fig. 2. Concentration dependences of antibodies specific to *D. solani* cells through ELISA, absorbed in a microplate at a concentration of 1×10^8 cells/mL: 1, 2 – numbers of serum, from which antibodies were purified

Применение полученных антител в иммуноаналитических тест-системах. Сэндвич формат анализа — наиболее эффективное решение для иммунодетекции бактерий, являющихся поливалентными антигенами [14]. Поэтому мы использовали выделенные антитела в двух вариантах: 1) как захватывающие, сорбируя их в лунках иммуноферментного микропланшета и в тестовой зоне иммунохроматографической тест-полоски; 2) как проявляющие, выявляя бактерии конъюгатами антител с пероксидазой в ИФА и конъюгатами антител с НЧЗ в ИХА. В обеих тест-системах (иммуноферментной и иммунохроматографической) в присутствии бактерии формируется тройной комплекс [захватывающие антитела] — [бактерии] — [проявляющий конъюгат антител]. Обе системы тестировали с использованием панели коллекционных бактерий, включавшей 7 бактерий рода *Dickeya* и 16 бактерий, относящихся к растительным патогенам родов *Ralstonia*, *Clavibacter*, *Pectobacterium*, *Pseudomonas*. В результате ИФА и ИХА показали положительные результаты для всех бактерий рода *Dickeya* (табл. 1). Несмотря на то, что антитела были получены при иммунизации клетками *D. solani*, эффективность распознавания таких видов, как *D. dianthicola*, *D. chrysanthemi*, *D. dadantii* subsp. *dadantii*, *D. paradisiaca*, не уступала иммуногенному виду. Только для *D. zeaе* сигнал был в 7 раз слабее относительно других видов *Dickeya*. Более того, сравнение пределов обнаружения показало, что тест-система выявляет в 4 раза меньшее количество клеток (2×10^4 кл./мл) *D. dianthicola*, чем *D. solani* (рис. 3). Предел иммунохроматографического обнаружения клеток *D. solani* составил 2×10^5 кл./мл (рис. 4), что незначительно уступает иммуноферментной системе, однако соответствует требованиям ГОСТ [15] к чувствительности иммуноаналитических методов. При этом время анализа с использованием иммунохроматографической тест-системы — 15 мин, в отличие от 5–6 ч для иммуноферментной.

Таблица 1

Результаты тестирования чистых культур бактерий (1×10^7 кл./мл) ИФА и ИХА тест-системами

№	Коллекц. номер Института карантина растений	Бактерия	Тест-система		
			ИФА		ИХА
			ОП ₄₅₀	Результат	Результат
1	0039	<i>Ralstonia solanacearum</i> , паца 3, bv.2	0	–	–
2	0040	<i>Ralstonia solanacearum</i> , паца 3, bv.2	0	–	–
3	0141	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	0	–	–
4	0142	<i>Pectobacterium atrosepticum</i>	0	–	–
5	0143	<i>Pectobacterium atrosepticum</i>	0	–	–
6	0144	<i>Dickeya dianthicola</i>	2,41	+	+
7	0235	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Sepedonicus</i>	0	–	–
8	0239	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	0	–	–
9	0240	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	0	–	–
10	0222	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	0	–	–
11	0223	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	0	–	–
12	0327	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>odoriferum</i>	0	–	–
13	0328	<i>Pectobacterium wasabiae</i>	0	–	–
14	0329	<i>Pectobacterium betavasculorum</i>	0	–	–
15	0330	<i>Pectobacterium cacticida</i>	0	–	–
16	0331	<i>Dickeya chrysanthemi</i>	2,46	+	+
17	0332	<i>Dickeya dadantii</i> subsp. <i>Dadantii</i>	1,89	+	+
18	0333	<i>Dickeya paradisiaca</i>	2,16	+	–
19	0334	<i>Dickeya zeae</i>	0,28	+	+
20	0335	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i>	0	–	–
21	0336	<i>Dickeya dadantii</i> subsp. <i>dieffenbachiae</i>	2,19	+	+
22	0353	<i>Dickeya solani</i>	1,98	+	+

Table 1

Results of testing pure cultures of bacteria (1×10^7 cells/mL) through ELISA and LFIA test systems

№	Collection number of Russian Plant Quarantine Center	Bacterium	Test system		
			ELISA		LFIA
			OD ₄₅₀	Result	Result
1	0039	<i>Ralstonia solanacearum</i> , паца 3, bv.2	0	–	–
2	0040	<i>Ralstonia solanacearum</i> , паца 3, bv.2	0	–	–
3	0141	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i>	0	–	–
4	0142	<i>Pectobacterium atrosepticum</i>	0	–	–
5	0143	<i>Pectobacterium atrosepticum</i>	0	–	–
6	0144	<i>Dickeya dianthicola</i>	2.41	+	+
7	0235	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Sepedonicus</i>	0	–	–

№	Collection number of Russian Plant Quarantine Center	Bacterium	Test system		
			ELISA		LFIA
			OD ₄₅₀	Result	Result
8	0239	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	0	-	-
9	0240	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	0	-	-
10	0222	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	0	-	-
11	0223	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	0	-	-
12	0327	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>odoriferum</i>	0	-	-
13	0328	<i>Pectobacterium wasabiae</i>	0	-	-
14	0329	<i>Pectobacterium betavasculorum</i>	0	-	-
15	0330	<i>Pectobacterium cacticida</i>	0	-	-
16	0331	<i>Dickeya chrysanthemi</i>	2.46	+	+
17	0332	<i>Dickeya dadantii</i> subsp. <i>Dadantii</i>	1.89	+	+
18	0333	<i>Dickeya paradisiaca</i>	2.16	+	-
19	0334	<i>Dickeya zeae</i>	0.28	+	+
20	0335	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i>	0	-	-
21	0336	<i>Dickeya dadantii</i> subsp. <i>dieffenbachiae</i>	2.19	+	+
22	0353	<i>Dickeya solani</i>	1.98	+	+

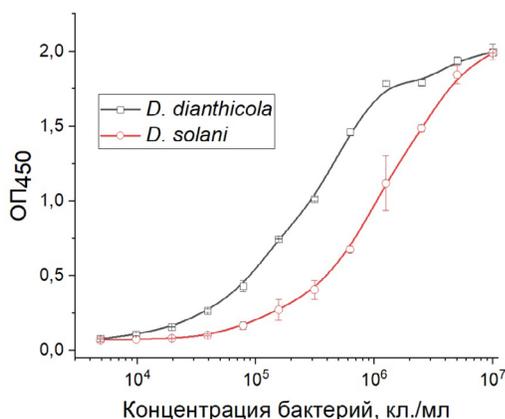


Рис. 3. Концентрационные зависимости иммуноферментного анализа проб, содержащих разное количество клеток *D. solani* и *D. dianthicola*

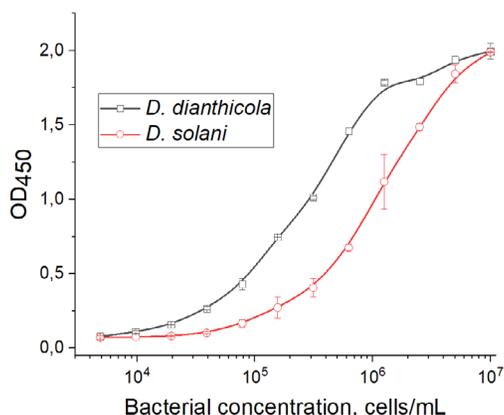


Fig 3. Concentration dependences obtained through ELISA from samples with different bacterial concentration of *D. solani* and *D. dianthicola*

Для всех бактерий, не относящихся к роду *Dickeya*, отсутствовали аналитические сигналы обеих тест-систем (см. табл. 1). Здоровый растительный материал (клубни, листья) также не давал фоновых сигналов. Таким образом, тест-системы на основе полученных поликлональных антител могут быть использованы для выявления инфекций, вызываемых бактериями *Dickeya* spp.

Тестирование клубневого материала. Партии семенного картофеля, полученные из разных регионов (Киргизия, Московская, Орловская, Брянская области), тестировали иммуноферментной и иммунохроматографической тест-системами для детекции *Dickeya* spp. (табл. 2). В результате из 43 проб (каждая из которых является суммарной для

партии от 40 до 200 клубней) иммуноферментной системой выявлено 24 зараженные пробы, для 19 проб инфекция не обнаружена. Иммунохроматографическая тест-система выявила меньшее количество зараженных проб — 18 положительных и 25 отрицательных. При этом иммунохроматографическая система подтвердила отрицательные пробы, определенные иммуноферментной системой, в 100 %, а положительные — в 75 % случаев. Отличия результатов можно объяснить тем, что чувствительность иммунохроматографической тест-системы ниже, чем иммуноферментной. Поэтому пробы с низким содержанием *Dickeya* spp. дали отрицательные результаты в ИХА.

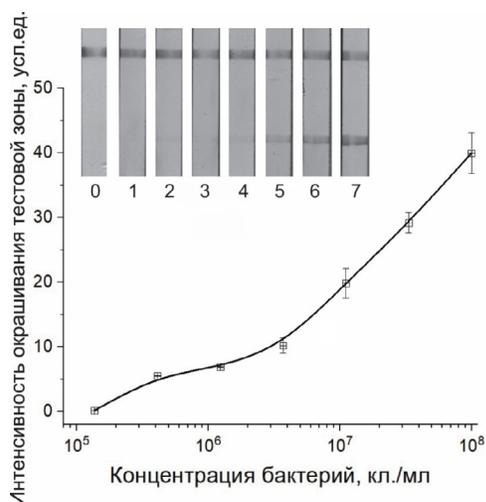


Рис. 4. Тест-полоски после анализа проб, содержащих разное количество клеток *D. solani*: 0 – отрицательный контроль; 1– $1,4 \times 10^5$; 2– $4,1 \times 10^5$; 3– $1,2 \times 10^6$; 4– $3,7 \times 10^6$; 5– $1,1 \times 10^7$; 6– $3,3 \times 10^7$; 7– 1×10^8 кл./мл и соответствующая зависимость интенсивности окрашивания тестовых зон от концентрации *D. solani*

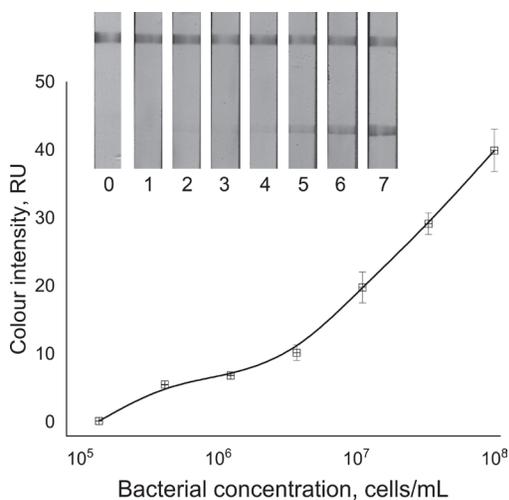


Fig. 4. Test strips after analysis of samples with different concentrations of *D. solani*: 0 – negative control; 1– 1.4×10^5 ; 2– 4.1×10^5 ; 3– 1.2×10^6 ; 4– 3.7×10^6 ; 5– 1.1×10^7 ; 6– 3.3×10^7 ; 7– 1×10^8 cells/mL and the corresponding dependence of the color intensity of the test zones on the concentration of *D. solani*

Результаты иммуноферментного и иммунохроматографического тестирования клубневого материала на зараженность бактериями *Dickeya spp.*

№ п/п	Проба*	ИФА		ИХА
		ОП450	Результат анализа	Результат анализа
1	Леди Клер, 3 репр.	0,062	-	-
2	Опал, 3 репр.	0,088	-	-
3	Опал, 3 репр.	0,113	-	-
4	Королёк, 2 репр.	0,073	-	-
5	Леди Клер, элита	1,289	+	+
6	Леди Клер, 1 репр.	0,057	-	-
7	Остин, 1 репр.	2,358	+	+
8	Королёк, 2 репр.	0,117	-	-
9	Норт, элита	0,073	-	-
10	Барс, элита	2,111	+	+
11	Опал, 3 репр.	2,635	+	+
12	Королёк, 2 репр.	0,155	-	-
13	Импала, ССЭ	2,308	+	+
14	Ривьера, ССЭ	0,095	-	-
15	Коллете, ССЭ	0,119	-	-
16	Удача, ППП	0,120	-	-
17	Коллете, ППП	2,493	+	+
18	Дезире, ППП	0,427	+	-
19	Фиолетовый, ППП	0,656	+	-
20	Фиолетовый, ССЭ	0,303	+	-
21	Арроу, ССЭ	0,070	-	-
22	Удача, ССЭ	0,276	+	-
23	Ред Скарлет, ППП	1,477	+	+
24	Импала, ППП	2,476	+	+
25	Ред Скарлет, ССЭ	0,092	-	-
26	Дезире, ССЭ	0,730	+	-
27	Ривьера, ППП	0,116	-	-
28	Гранд, ППП	0,439	+	+
29	Варяг, ППП	0,991	+	-
30	Кумач, ППП	2,395	+	+
31	Гулливер, ППП	0,092	-	-
32	Метеор, ППП	1,800	+	+
33	Ред Леди, элита	1,977	+	+
34	Королева Анна, элита	0,170	-	-
35	Ред Скарлет, РС-1	0,110	-	-
36	Санте, элита	0,092	-	-
37	Гала, 3 репр.	2,818	+	+
38	ВР-808, 2 репр.	2,281	+	+
39	Брук, 1 репр.	2,120	+	+
40	Леди Клер, 2 репр.	2,386	+	+
41	Леди Клер, 2 репр	0,789	+	+
42	Гала, 2 репр.	1,177	+	+
43	Накра, мини-клубни	0,064	-	-

*Пробы получены: 1–12 – из Киргизии; 13–32, 37–42 – из Московской области; 33–36 – из Орловской области; 43 – из Брянской области.

Table 2

Results of ELISA and LFIA testing of *Dickeya* spp. infection in potato tubers

№	Sample* Cultivar, reproduction	ELISA		LFIA
		OD450	Result	Result
1	Ledi Kler, 3 repr.	0.062	-	-
2	Opal, 3 repr.	0.088	-	-
3	Opal, 3 repr.	0.113	-	-
4	Korolek, 2 repr.	0.073	-	-
5	Ledi Kler, elite	1.289	+	+
6	Ledi Kler, 1 repr.	0.057	-	-
7	Ostin, 1 repr.	2.358	+	+
8	Korolek, 2 repr.	0.117	-	-
9	Nort, elite	0.073	-	-
10	Bars, elite	2.111	+	+
11	Opal, 3 repr.	2.635	+	+
12	Korolek, 2 repr.	0.155	-	-
13	Impala, SSE	2.308	+	+
14	Riviera, SSE	0.095	-	-
15	Kollete, SSE	0.119	-	-
16	Udacha, FFR	0.120	-	-
17	Kollete, FFR	2.493	+	+
18	Dezire, FFR	0.427	+	-
19	Fioletovy, FFR	0.656	+	-
20	Fioletovy, SSE	0.303	+	-
21	Arrou, SSE	0.070	-	-
22	Udacha, SSE	0.276	+	-
23	Red Skarlet, FFR	1.477	+	+
24	Impala, FFR	2.476	+	+
25	Red Skarlet, SSE	0.092	-	-
26	Dezire, SSE	0.730	+	-
27	Riviera, FFR	0.116	-	-
28	Grand, FFR	0.439	+	+
29	Varyag, FFR	0.991	+	-
30	Kumach, FFR	2.395	+	+
31	Gulliver, FFR	0.092	-	-
32	Meteor, FFR	1.800	+	+
33	Red Ledi, elite	1.977	+	+
34	Koroleva Anna, elite	0.170	-	-
35	Red Skarlet, A	0.110	-	-
36	Sante, elite	0.092	-	-
37	Gala, 3 repr.	2.818	+	+
38	VR-808, 2 repr.	2.281	+	+
39	Bruk, 1 repr.	2.120	+	+
40	Ledi Kler, 2 repr.	2.386	+	+
41	Ledi Kler, 2 repr	0.789	+	+
42	Gala, 2 repr.	1.177	+	+
43	Nakra, mini-tubers	0.064	-	-

*Samples received: 1–12 – from Kyrgyzstan; 13–32, 37–42 – from the Moscow region; 33–36 – from the Oryol region; 43 – from the Bryansk region.

Заключение

В результате иммунизации кроликов получены антисыворотки с высоким титром (максимальный титр — 1×10^7) к клеткам *D. solani*. Препараты поликлональных антител, выделенных из лучших сывороток, демонстрировали высокое сродство к иммуногенным бактериям. Характеристика иммуноферментной и иммунохроматографической сэндвич тест-систем, в которых выделенные антитела использовали и как захватывающие, и как проявляющие, показала специфичное распознавание основных видов *Dickeya* spp. При этом для бактерий *Ralstonia*, *Clavibacter*, *Pectobacterium* и *Pseudomonas* не наблюдались кросс-реакции, как и для здорового клубневого и листового материала картофеля. Иммунохроматографическая тест-система по чувствительности несколько уступает иммуноферментной, но экспрессность (15 мин) и простота проведения анализа позволяют рассматривать ее как средство быстрого внелабораторного контроля картофельного материала. Первые испытания при характеристике зараженности клубневого материала бактериями *Dickeya* spp. подтвердили эффективность нового препарата антител и показали высокую степень соответствия результатов иммуноферментного и иммунохроматографического тестирования. Представленные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейшей характеристики и оптимизации тест-систем с целью их производства как средств массового тестирования в картофелеводстве.

Библиографический список

1. Toth I., Saddler G., Elphinstone J. Investigating the biology and appropriate control of *Dickeya* species affecting GB potatoes. Kenilworth: Potato Council, 2014. P. 87.
2. Shattock R. Compendium of potato diseases, Second edition. W.R. Stevenson // Plant Pathology. 2002. V. 51. P. 518—521.
3. Карлов А.Н., Зотов В.С., Пехтерева Е.Ш., Мамеева Е.В. *Dickeya dianthicola* — новый для России бактериальный патоген картофеля // Известия ТСХА. 2010. Т. 3. С. 134—141.
4. Игнатов А.Н., Егорова М.С., Ходыкина М.В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России // Защита и карантин растений. 2015. № 5. С. 6—9.
5. Зайцев И.А., Варицев Ю.А., Лазарев А.М., Галушка П.А., Варицева Г.П. Мониторинг скрытых (латентных) форм распространения возбудителей черной ножки и кольцевой гнили картофеля в Российской Федерации // Сельскохозяйственные науки: научные приоритеты ученых. 2016. С. 39—56.
6. Gill E.D., Schaerer S., Dupuis B. Factors impacting blackleg development caused by *Dickeya* spp. in the field // European Journal of Plant Pathology. 2014. V. 140(2). P. 317—327.
7. Игнатов А.Н., Панычева Ю.С., Воронина М.В., Васильев Д.М., Джалилов Ф.С.-У. Динамика видового состава патогенов картофеля в Европейской части РФ // Картофель и овощи. 2019. Т. 9. С. 28—32. doi: 10.25630/PAV.2019.57.62.003
8. Ерохова М.Д., Кузнецова М.А. «Чёрная ножка» — опасное для отечественного картофелеводства заболевание // Аграрная наука. 2019. Т. 3. С. 44—48. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-44-48
9. Toth I.K., Wolf J.M. van der, Saddler G., Lojkowska E., Hélias V., Pirhonen M., Tsrer L., Elphinstone J.G. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe // Plant Pathology. 2011. V. 60. № 3. P. 385–399. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x
10. Pritchard L., Humphris S., Saddler G.S., Parkinson N.M., Bertrand V., Elphinstone J.G., Toth I.K. Detection of phytopathogens of the genus *Dickeya* using a PCR primer prediction pipeline for draft bacterial genome sequences // Plant Pathology. 2013. V. 62. № 3. P. 587–596. doi: 10.1111/j.1365-3059.2012.02678.x

11. Варицев Ю.А., Белов Г.Л., Усков А.И., Варицева Г.П., Завриев С.К., Аришава Н.В., Зайцев В.В. Методические указания по диагностике возбудителей черной ножки (*Erwinia carotovora* (Jones) Bergey et al.) и кольцевой гнили картофеля (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Spieck. Et Kotth.) Skaptasson et Burk.) методами иммуноферментного анализа, иммунофлуоресцентной микроскопии и полимеразной цепной реакции. М.: ВНИИ картофельного хозяйства, 2003. 33 с.
12. Frens G. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions // *Nature Physical Science*. 1973. V. 241(105). P. 20–22. doi: 10.1038/physci241020a0
13. Бызова Н.А., Сафенкова И.В., Чирков С.Н., Жердев А.В., Блинцов А.Н., Дзантиев Б.Б., Атабеков И.Г. Разработка иммунохроматографических тест-систем для экспрессной детекции вирусов растений // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2009. Т. 45. № 2. С. 225–231. doi: 10.1134/S000368380902015X
14. Safenkova I.V., Zaitsev I.A., Varitsev YA., Byzova N.A., Drenova N.V., Zherdev A.V., Dzantiev B.B. Development of a lateral flow immunoassay for rapid diagnosis of potato blackleg caused by *Dickeya* species // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2017. V. 409(7). P. 1915–1927. doi: 10.1007/s00216-016-0140-6
15. ГОСТ 33996–2016. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества: Seed potatoes. Specifications and methods of determining the quality. М.: Стандартинформ, 2020.

References

1. Toth I, Saddler G, Elphinstone J. Investigating the biology and appropriate control of *Dickeya* species affecting GB potatoes. Kenilworth: Potato Council; 2014.
2. Stevenson WR, Loria R, Franc GD, Weingartner DP. (eds.) *Compendium of potato diseases*. 2nd edition. St Paul, Minnesota: APS Press; 2001.
3. Karlov AN, Zotov VS, Pekhtereva ES, Matveeva EV. *Dickeya dianthicola* is a new bacterial pathogen of potatoes for Russia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2010; (3):134–141. (In Russ.).
4. Ignatov AN, Egorova MS, Khodykina MV. Spread of bacterial and phytoplasma diseases of plants in Russia. *Plant protection and quarantine*. 2015; (5):6–9. (In Russ.).
5. Zaitsev IA, Varitsev YA, Lazarev AM, Galushka PA, Varitseva GP. Monitoring of hidden (latent) forms of the spread of pathogens of black leg and ring rot of potatoes in the Russian Federation. In: *Agricultural sciences: scientific priorities of scientists*. Permian: Evensis publ.; 2016. p.39–56. (In Russ.).
6. Gill ED, Schaerer S, Dupuis B. Factors impacting blackleg development caused by *Dickeya* spp. in the field. *European Journal of Plant Pathology*. 2014; 140(2):317–327. doi: 10.1007/s10658-014-0465-y
7. Ignatov AN, Panycheva JS, Voronina MV, Vasiliev DM, Dzhililov FS. Dynamics of species composition of potato pathogens in the European part of the Russian Federation. *Potato and vegetables*. 2019; (9):28–32. (In Russ.). doi: 10.25630/PAV.2019.57.62.003
8. Yerokhova MD, Kuznetsova MA. Blackleg of potato is a dangerous disease for national potato growing. *Agrarian Science*. 2019; 3:44–48. (In Russ.). doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-44-48
9. Toth IK, van der Wolf JM, Saddler G, Lojkowska E, Hélias V, Pirhonen M, Tsror L, Elphinstone JG. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology*. 2011; 60(3):385–399. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x
10. Pritchard L, Humphris S, Saddler GS, Parkinson NM, Bertrand V, Elphinstone JG, Toth IK. Detection of phytopathogens of the genus *Dickeya* using a PCR primer prediction pipeline for draft bacterial genome sequences. *Plant Pathology*. 2013; 62(3):587–596. doi: 10.1111/j.13653059.2012.02678.x
11. Varitsev YA, Belov GL, Uskov AI, Varitseva GP, Zavriev SK, Arshava NV et al. *Metodicheskie ukazaniya po diagnostike vozбудitelei chernoï nozhki (Erwinia carotovora (Jones) Bergey et al.) i kol'tsevoi gnili kartofelya (Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus (Spieck. Et Kotth.) Skaptasson et Burk.) metodami immunofermentnogo analiza, immuno fluores-tentnoi mikroskopii i polimeraznoi tsepoi reaktsii* [Methodological guidelines for the diagnosis of causative agents of black leg (*Erwinia carotovora* (Jones) Bergey et al.) and ring rot of potatoes (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Spieck. Et Kotth.) Skaptasson et Burk.) by enzyme-linked immunosorbent assay, immuno-microscopy and polymerase chain reaction]. Moscow: Russian Research Institute of Potato Economy publ.; 2003. (In Russ.).
12. Frens G. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions. *Nature Physical Science*. 1973; 241(105):20–22. doi: 10.1038/physci241020a0
13. Byzova NA, Safenkova IV, Chirkov SN, Zherdev AV, Blintsov AN, Dzantiev BB, Atabekov IG. Development of immunochromatographic test systems for express detection of plant viruses. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2009; 45 (2): 204–209. doi: 10.1134/S000368380902015X

14. Safenkova IV, Zaitsev IA, Varitsev YA, Byzova NA, Drenova NV, Zherdev AV, Dzantiev BB. Development of a lateral flow immunoassay for rapid diagnosis of potato blackleg caused by *Dickeya* species. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2017; 409(7):1915–1927. doi: 10.1007/s00216-016-0140-6

15. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. GOST 33996–2016. *Seed potatoes. Specifications and methods of determining the quality*. Moscow: Standartinform publ.; 2020. (In Russ.).

Об авторах:

Разо Шиагеса — аспирант, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН, 119071, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33; e-mail: 1042175063@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-4131-3797

Галушка Павел Андреевич — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, 140051, Российская Федерация, Московская обл., п. Красково, ул. Лорха, д. 23; e-mail: pavel_galushka@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4680-9684

Варицев Юрий Алексеевич — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха, 140051, Российская Федерация, Московская обл., п. Красково, ул. Лорха, д. 23; e-mail: varyuriy@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2329-7965

Жердев Анатолий Виталиевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН, 119071 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33; e-mail: zherdev@inbi.ras.ru

ORCID: 0000-0003-3008-2839

Сафенкова Ирина Викторовна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН, 119071 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33; e-mail: saf-iri@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3621-4321

Пакина Елена Николаевна — кандидат биологических наук, доцент, директор, Агробиотехнологический департамент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: e-pakina@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-1647-9138

Дзантиев Борис Борисович — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН, 119071 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33; e-mail: dzantiev@inbi.ras.ru

ORCID: 0000-0003-4008-4918

About authors:

Razo Shyatesa — PhD candidate, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russian Federation; e-mail: 1042175063@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-4131-3797

Galushka Pavel Andreevich — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Russian Potato Research Center, 23 Lorkh st., Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation; e-mail: pavel_galushka@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4680-9684

Varitsev Yuri Alekseevich — Candidate of Biological Sciences, Lead Senior Researcher, Russian Potato Research Center, 23 Lorkh st., Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation; e-mail: varyuriy@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2329-7965

Zherdev Anatoly Vitalievich — Candidate of Biological Sciences, Lead Senior Researcher, A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russian Federation; e-mail: zherdev@inbi.ras.ru

ORCID: 0000–0003–3008–2839

Safenkova Irina Viktorovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russian Federation; e-mail: saf-iri@yandex.ru

ORCID: 0000–0002–3621–4321

Pakina Elena Nikolaevna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Director of Department of Agrobiotechnology, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: e-pakina@yandex.ru

ORCID: 0000–0002–1647–9138

Dzantiev Boris Borisovich — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of Laboratory, A.N. Bach Institute of Biochemistry, Research Centre of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russian Federation; e-mail: dzantiev@inbi.ras.ru

ORCID: 0000–0003–4008–4918



DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-215-225

УДК 577.21:576.314

Научная статья / Research article

Результаты отлова крылатых особей тлей водными ловушками на посадках картофеля в условиях южной части Архангельской области

А.А. Шаманин¹ ✉, В.А. Корелина¹, М.Н. Берим², Л.А. Попова¹ ¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова Российской академии наук, Архангельская обл., Российская Федерация²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ lexkik_1@mail.ru

Аннотация. В условиях южной части Архангельской области изучалась динамика численности и видовой состав тлей на посадках семенного картофеля на протяжении 2018–2019 гг. с использованием желтых водных ловушек. В 2018 г. было идентифицировано 12 видов крылатых тлей общей численностью 165 особей, а в 2019 г. — 16 видов общей численностью 115 особей. Преобладали следующие виды: бобовая тля *A. fabae Scop.*, черемухово-злаковая тля *R. padi L.*, салатная тля *H. lactucae L.*, обыкновенная картофельная тля *A. solani Kalt.* Доля тлей — прямых и косвенных переносчиков вирусных заболеваний — составила 91 % от общего числа тлей, отловленных в 2018 г., 79,1 % — в 2019 г. Заселенность вредителем семенных посадок картофеля напрямую зависела от погодных условий вегетационного сезона. Сумма среднесуточных температур за период отлова тлей в 2018 г. составила 1273,3 °С, в 2019 г. — 983,3 °С. За период наблюдений в 2018 г. выпало 131,6 мм осадков, а в 2019 г. — 280,4 мм. В связи с постоянным присутствием тлей на посевах семенного картофеля следует проводить ежегодный мониторинг численности вредителя и в случае необходимости — защитные мероприятия.

Ключевые слова: крылатые тли, вирусные заболевания, картофель семенной, переносчики вирусов, мониторинг лёта тлей, динамика численности

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

История статьи: поступила в редакцию 28 октября 2020 г., принята к публикации 7 июня 2021 г.

Для цитирования:

Шаманин А.А., Корелина В.А., Берим М.Н., Попова Л.А. Результаты отлова крылатых особей тлей водными ловушками на посадках картофеля в условиях южной части Архангельской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 215–225. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-215-225

© Шаманин А.А., Корелина В.А., Берим М.Н., Попова Л.А., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

The results of catching winged aphids with water traps on potato plantings in the southern part of the Arkhangelsk region

Aleksey A. Shamanin¹ ✉, Valentina A. Korelina¹,

Marina N. Berim², Lyudmila A. Popova¹ 

¹N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk region, Russian Federation

²Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russian Federation

✉ lexxik_1@mail.ru

Abstract. Dynamics of the number and species composition of aphids were studied on seed potatoes using yellow water traps in the southern part of the Arkhangelsk region in 2018–2019. 12 species of winged aphids (165 insects) were identified in 2018, and 16 species (115 insects) — in 2019. The following types dominated: black bean aphid *A. fabae* Scop., bird cherry-oat aphid *R. padi* L., blackcurrant-sowthistle aphid *H. lactucae* L., glasshouse-potato aphid *A. solani* Kalt. The share of aphids as direct and indirect vectors of viral diseases was 91 % of the total number in 2018, and 79.1 % in 2019. The pest population of potato plants depended directly on weather conditions of the growing season. The sum of the average daily temperatures during the period of catching aphids was 1273.3 °C in 2018, and 983.3 °C — in 2019. During the experimental period, 131.6 mm of precipitation fell in 2018, and 280.4 mm — in 2019. Due to the constant presence of aphids on seed potato crops, annual monitoring of pest population and, in case of necessity, protective measures are required.

Keywords: winged aphids, viral diseases, seed potatoes, virus vectors, aphid flight monitoring, population dynamics

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

Article history: Received: 28 October 2020. Accepted: 7 June 2021

For citation:

Shamanin AA, Korelina VA, Berim MN, Popova LA. The results of catching winged aphids with water traps on potato plantings in the southern part of the Arkhangelsk region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):215—225. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-215-225

Введение

Картофель обладает одной очень важной негативной особенностью — через семенные клубни вследствие вегетативного размножения передается большинство болезней, которые его поражают. Эти клубни служат первичным источником распространения патогенов в посадках картофеля.

Патогены могут поражать картофель на протяжении всего жизненного цикла: в почве до появления всходов, во время вегетации и даже при хранении клубней. Многие возбудители болезней способны накапливаться и длительно храниться в почве. Для многих регионов страны довольно опасна тенденция возрастания

вредоносности различных штаммов вирусов в результате распространения их через зараженный семенной материал [1–3].

Вирусные заболевания, негативно влияющие на урожайность картофеля и его качество, могут быть распространены значительным числом переносчиков. Вирусы переносятся различными видами тлей, грибами. Даже при простом механическом контакте с зараженными растениями существует потенциальная угроза переноса вируса [4]. Наиболее вредоносные фитопатогенные вирусы на картофеле распространяются тлями, как внутри поля, так и путем интродукции с других участков [5]. Тли в очень короткие сроки способны сильно увеличивать свою численность. Это достигается благодаря высокой плодовитости, значительной миграционной активности. Тли за вегетационный период осуществляют большое количество генераций [6]. Прокалывающие стилеты и сосущий ротовой аппарат позволяют тле проникать в ткани растений, что делает ее очень хорошо приспособленной для передачи вирусов [7, 8]. Значительная часть вирусов (V-, A-, M-, S-вирусы картофеля, PVYO, PVYN) передаются тлями неперсистентно. В данном случае при питании насекомого на внешние части его колюще-сосущего аппарата попадают вирусы, которые в течение нескольких минут могут быть перенесены на другое растение. Крылатые особи тлей, обладая способностью быстро определять пригодность растений для своего питания, в короткие сроки перелетают или переползают на другое кормовое растение. Таким образом, крылатые тли обладают большим потенциалом к быстрому распространению вирусов [4, 7, 9].

Некоторые периоды жизненного цикла крылатые тли, переносящие вирусы картофеля, проводят на различных сорных растениях, на которых они питаются и размножаются. Определенные сорные растения служат резерваторами вирусов Y, L, S, X и M и могут выступать как очаги их распространения. К таким растениям относятся щавель конский (*Rumex confurtus*), подорожник ланцетовидный (*Plantago lanceolato*), паслен черный (*Solanum nigrum*), дурман обыкновенный (*Dalura stramonium*) и вьюнок полевой (*Convolvulus avensis*) [9].

Видовой состав тлей, питающихся на растениях картофеля, достаточно обширен. В частности, в России обычно выделяются персиковая тля *Myzus persicae* Sulzer, большая картофельная тля *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, обыкновенная картофельная тля *Aulacorthum solani* Kalt., крушинная тля *Aphis nasturtii* Kalt., крушинниковая тля *Aphis frangulae* Kalt, бобовая тля *Aphis fabae* Scop. [7, 11].

В условиях Северо-Западного региона России на посадках картофеля в желтые водные ловушки может попадать до 43 видов тлей. Из них 6 видов являются переносчиками вирусов картофеля. Остальные виды тлей связаны трофическими связями с овощными, плодовыми и другими растениями, окружающими посадки картофеля, и, привлеченные желтым цветом, попадают в ловушки [12].

Афидофауна южной части Архангельской области в агрофитоценозах картофеля представлена, как минимум, 11 видами тлей. Из них 6 видов являются переносчиками вирусных заболеваний картофеля: *A. nasturtii* Kalt., *A. fabae* Scop., *A. solani* Kalt., салатная тля *Huperomyzus lactucae* L., черемухо-злаковая тля *hopalosphum radi* L. и большая злаковая тля *Sitobion avenae* F. [13].

Цель исследования — уточнение видового состава и оценка динамики численности крылатых тлей на посадках семенного материала картофеля в условиях Архангельской области.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2018–2019 гг. Объект исследований — крылатые тли. Опытные участки для отлова насекомых расположены в южной части Архангельской области (Котласский район, д. Курцево, ФГУП «Котласское»). Отлов тлей осуществляли на посадках картофеля сорта Ред Скарлетт над площадью: в 2018 г. — 3,0 га, в 2019 г. — 6,0 га. Предшественники картофеля — яровые зерновые. Личные подсобные хозяйства удалены от посадок более чем на 250 м. Посадки картофеля располагались в окружении лесных насаждений, многолетних трав и зерновых культур. Метеорологические данные: среднесуточные температуры воздуха и количество выпавших осадков — получали с ближайшей метеостанции, расположенной в д. Курцево.

Погодные условия в годы проведения исследований различались. Сумма среднесуточных температур за период отлова крылатых особей тлей в 2018 г. составила 1273,3 °С, в 2019 г. — 983,3 °С. За период наблюдений в 2018 г. выпало 131,6 мм осадков, а в 2019 г. — 280,4 мм.

Мониторинг лёта тлей-переносчиков вирусных заболеваний картофеля проводили посредством отлова крылатых особей желтыми сосудами (ловушками Мёрике), заполненными водой и детергентом [4, 14, 15]. Выемку насекомых из ловушек осуществляли 1 раз в неделю, фиксировали их в 70 % спиртовом растворе. Идентификацию отловленных тлей осуществляли в лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов ФГБНУ Всероссийского НИИ защиты растений [8, 16].

На посадках картофеля, представленных для осуществления исследований, по периметру поля были расположены 4 водные ловушки. Дата установки — 18 июня, что соответствует началу всходов картофеля. Последнюю выемку осуществляли 27 августа — после десикации ботвы картофеля.

Результаты исследований и обсуждения

В результате проведенных исследований на посадках картофеля в 2018 г. было идентифицировано 12 видов крылатых тлей общей численностью 165 особей, а в 2019 г. — 16 видов общей численностью 115 особей (табл.). Снижение численности насекомых на 30 % в 2019 г. по сравнению с 2018 г. предположительно объясняется более холодным и влажным вегетационным периодом. Из всех идентифицированных тлей потенциальными переносчиками вирусов картофеля являются 8 видов: бобовая тля *A. fabae Scop.*, черемухово-злаковая тля *R. padi L.*, салатная тля *H. lactucae L.*, обыкновенная картофельная тля *A. solani Kalt.*, большая злаковая тля *S. avenae F.*, крушинная тля *A. nasturtii Kalt.*, большая картофельная тля *M. euphorbiae Thomas*, гороховая тля *A. pisum Harr.* В разрезе по годам численность тлей — переносчиков вирусных заболеваний, отловленных в ловушки,

составила 150 особей (91 % от общего количества идентифицированных насекомых) в 2018 г., 91 особь (79,1 %) — в 2019 г. В среднем по двум годам исследований их количество было 120,5 штук (86,1 %).

Таблица

Численность тлей, отловленных водными ловушками в 2018–2019 гг.

Вид тли	2018		2019		Среднее	
	Шт.	%	Шт.	%	Шт.	%
<i>Aphis fabae</i> Scop. Бобовая тля	44	26,7	21	18,3	32,5	23,2
<i>Rhopalosiphum padi</i> L. Черemuхово-злаковая тля	26	15,8	26	22,6	26	18,6
<i>Hyperomyzus lactucae</i> L. Салатная тля	23	14,0	7	6,1	15	10,7
<i>Aulacorthum solani</i> Kalt. Обыкновенная картофельная тля	21	12,7	15	13,0	18	12,9
<i>Sitobion avenae</i> F. Большая злаковая тля	15	9,1	7	6,1	11	7,9
<i>Aphis nasturtii</i> Kalt. Крушинная тля	12	7,3	6	5,2	9	6,4
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas Большая картофельная тля	5	3,0	4	3,5	4,5	3,2
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harr. Гороховая тля	4	2,4	5	4,3	4,5	3,2
<i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk. Яблонно-злаковая тля	8	4,9	1	0,9	4,5	3,2
<i>Anoecia corni</i> F. Серая свидинно-злаковая тля	4	2,4	9	7,8	6,5	4,6
<i>Capitophorus elaeagni</i> Guerc. Артишоковая тля	2	1,2	2	1,7	2	1,4
<i>Brachycaudus cardui</i> Kalt. Чертополоховая тля	1	0,6	2	1,7	1,5	1,1
<i>Macrosiphum rosae</i> L. Зеленая розанная тля	0	0,0	7	6,1	3,5	2,5
<i>Aphis pomi</i> De Geer Зеленая яблонная тля	0	0,0	1	0,9	0,5	0,4
<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> Goot. Побеговая-смородиновая тля	0	0,0	1	0,9	0,5	0,4
<i>Cinara costata</i> Zett. Еловая тля	0	0,0	1	0,9	0,5	0,4
Всего	165	100,0	115	100,0	140	100,0

Table

Aphids caught by water traps in 2018–2019

Aphid species	2018		2019		Average	
	Insects	%	Insects	%	Insects	%
<i>Aphis fabae</i> Scop. Bean aphid	44	26.7	21	18.3	32.5	23.2
<i>Rhopalosiphum padi</i> L. Bird cherry-oat aphid	26	15.8	26	22.6	26	18.6
<i>Hyperomyzus lactucae</i> L. Blackcurrant-sowthistle aphid	23	14.0	7	6.1	15	10.7
<i>Aulacorthum solani</i> Kalt. Glasshouse-potato aphid	21	12.7	15	13.0	18	12.9
<i>Sitobion avenae</i> F. English grain aphid	15	9.1	7	6.1	11	7.9
<i>Aphis nasturtii</i> Kalt. Buckthorn aphid	12	7.3	6	5.2	9	6.4
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas. Potato aphid	5	3.0	4	3.5	4.5	3.2
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harr. Pea aphid	4	2.4	5	4.3	4.5	3.2

Aphid species	2018		2019		Average	
	Insects	%	Insects	%	Insects	%
<i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk. Apple-grass aphid	8	4.9	1	0.9	4.5	3.2
<i>Anoecia corni</i> F. Dogwood aphid	4	2.4	9	7.8	6.5	4.6
<i>Capitophorus elaeagni</i> Guerc. Artichoke aphid	2	1.2	2	1.7	2	1.4
<i>Brachycaudus cardui</i> Kalt. Thistle aphid	1	0.6	2	1.7	1.5	1.1
<i>Macrosiphum rosae</i> L. Rose aphid	0	0.0	7	6.1	3.5	2.5
<i>Aphis pomi</i> De Geer. Apple aphid	0	0.0	1	0.9	0.5	0.4
<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> Goot. Currant stem aphid	0	0.0	1	0.9	0.5	0.4
<i>Cinara costata</i> Zett. Mealy spruce aphid	0	0.0	1	0.9	0.5	0.4
Total	165	100.0	115	100.0	140	100.0

В среднем за два года проведения исследований наиболее многочисленной оказалась бобовая тля *A. fabae* Scop. численностью 32,5 шт. (23,2 %), при этом максимальное ее количество (44 особи) было отмечено в 2018 г. Во второй год наблюдений численность *A. fabae* Scop. была в 2 раза ниже и составила 21 особь. Присутствие *A. fabae* Scop. на посадках картофеля было отмечено со второй декады июня до конца первой декады августа суммарно по годам исследований.

Следующей по численности была черемухово-злаковая тля *R. padi* L. В 2018–2019 гг. было идентифицировано по 26 особей (15,8 и 22,6 % соответственно), что в структуре в среднем было на уровне 18,6 % от общей численности тлей. *R. padi* L. присутствовала на картофеле в два периода: во второй и третьей декадах июня и с конца первой декады августа до окончания наблюдений.

Салатная тля *H. lactucae* L. и обыкновенная картофельная тля *A. solani* Kalt. в среднем за 2 года составляли более чем по 10 % от общей численности — 15 и 18 штук соответственно. При этом в 2019 г. численность *H. lactucae* L. была на 8 % ниже (14 особей), чем в предыдущем году. Численность *A. solani* Kalt. во второй год также снизилась относительно 2018 г. на 6 особей, тем не менее, в структуре она осталась на уровне 13 %. *H. lactucae* L. присутствовала на посадке картофеля со второй декады июня по первую декаду июля. Присутствие *A. solani* Kalt. в 2018–2019 гг. отмечено с третьей декады июня по вторую декаду августа.

Количество крылатых особей большой злаковой тли *S. avenae* F. и крушинной тли *A. nasturtii* Kalt. в структуре численности колебалось в пределах 5...9 % (6...15 шт.). Для данных видов также отмечено снижение численности в 2019 г. в сравнении с предыдущим годом. *S. avenae* F. присутствовала на посадках с первой декады июля по первую декаду августа. Присутствие *A. nasturtii* Kalt. на посадках отмечено главным образом со второй декады июня по первую декаду июля, однако единичные особи были отмечены и в последующие периоды.

Из крылатых тлей, непосредственно питающихся на картофеле, была идентифицирована еще большая картофельная тля *M. euphorbiae* Thomas. Численность указанного вида была стабильной в годы исследований — по 4–5 шт. за сезон (2–3 % в структуре). Присутствие *M. euphorbiae* Thomas на посадках было отмечено

в 2018 г. с первой декады июля по вторую декаду того же месяца включительно, а в 2019 г. — со второй декады июля по первую декаду августа.

Помимо непосредственно питающихся на картофеле видов тлей на его посадках были отмечены яблono-злаковая тля *Rhopalosiphum insertum* Walk., гороховая тля *A. pisum* Harr., серая свидинно-злаковая тля *Anoecia corni* F., артишоковая тля *Capitophorus elaeagni* Guerc., чертополоховая тля *Brachycaudus cardui* Kalt., зеленая розанная тля *Macrosiphum rosae* L., зеленая яблонная тля *Aphis pomi* De Geer, побеговая-смородинная тля *Rhopalosiphoninus ribesinus* Goot. и еловая тля *Cinara costata* Zett. Данные виды могут служить переносчиками вирусных заболеваний картофеля при пробных уколах в процессе поиска подходящей пищи.

Численность *R. insertum* Walk. по годам значительно различалась — в первый год было отловлено 8 особей (4,9 %), а в 2019 г. — всего 1 шт. (0,9 %). *A. corni* F. показала обратную динамику — в 2018 г. идентифицировано 4 особи (2,4 %), а в следующий год численность возросла до 9 шт. (7,8 %).

Из перечисленных видов *M. rosae* L., *A. pomi* De Geer, *R. ribesinus* Goot. и *C. costata* Zett. были идентифицированы лишь в 2019 г. Самой многочисленной из них была *M. rosae* L. — 7 крылатых особей за вегетационный период.

Проведенные исследования показали, что динамика численности крылатых особей тлей зависит от погодных условий. Положительное влияние на нее оказывает температура воздуха и отрицательное — осадки. Так сумма положительных температур за анализируемый вегетационный период 2018 г. была относительно высокой для области (1273,3 °C), сумма же осадков невысокой (131,6 мм). Было отловлено 165 особей тли. В то же время в 2019 г. сумма положительных температур составила 983,3 °C, осадков выпало 280,4 мм. В водных ловушках было отмечено всего 115 особей.

По данным динамики численности крылатых тлей за период исследований в 2018 г. четко выделяются два пика лёта (рис.). Максимальный пик (42 крылатых особи) отмечен во вторую декаду июня, когда на посадках картофеля отмечается фаза всходов. При этом в течение вегетационного периода численность тлей снижалась вплоть до полного отсутствия во второй декаде августа. В последнюю декаду августа отмечен второй пик лёта крылатых особей (15 шт.), где 11 особей представлены видом *R. padi* L.

Тли в большинстве своем олигофаги, имеют несколько хозяев. В конце мая — начале июня появляются крылатые партеногенетические самки, которые перелетают либо на другого хозяина, либо на другие растения, ввиду пищевой некачественности последнего. Этим объясняется пик численности насекомых во второй декаде июня в 2018 г. Повышение количества фитофагов в третьей декаде августа связано с ремиграцией *R. padi* L. на своего первичного хозяина — черемуху. В 2019 г. подобная миграция тлей отмечалась также со второй декады июня по первую декаду июля, на графике виден пик численности насекомых в этот период. Однако если в 2018 г. данный пик равнялся 42 отловленным особям, то в 2019 г. — 12...14. Это можно объяснить тем, что фитофаги активнее летают в теплую, солнечную и сухую погоду, хуже в холодную, дождливую. Ремиграция тлей на своих первичных

хозяйев в 2019 г. отмечалась во второй декаде августа, что соответствует второму пику численности насекомых в этом году.

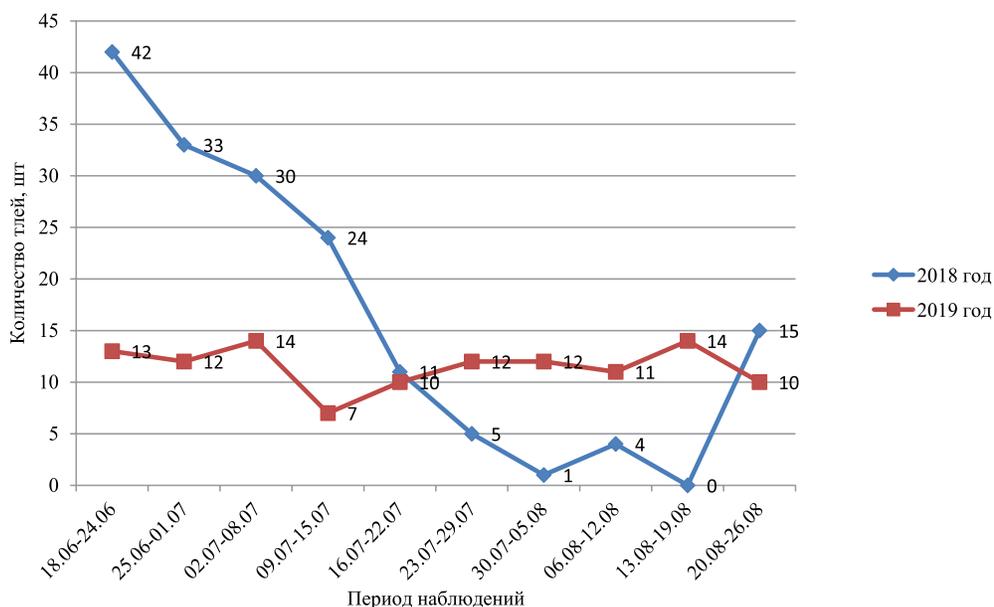


Рис. Изменение общей численности крылатых тлей на посадках картофеля в южной части Архангельской области

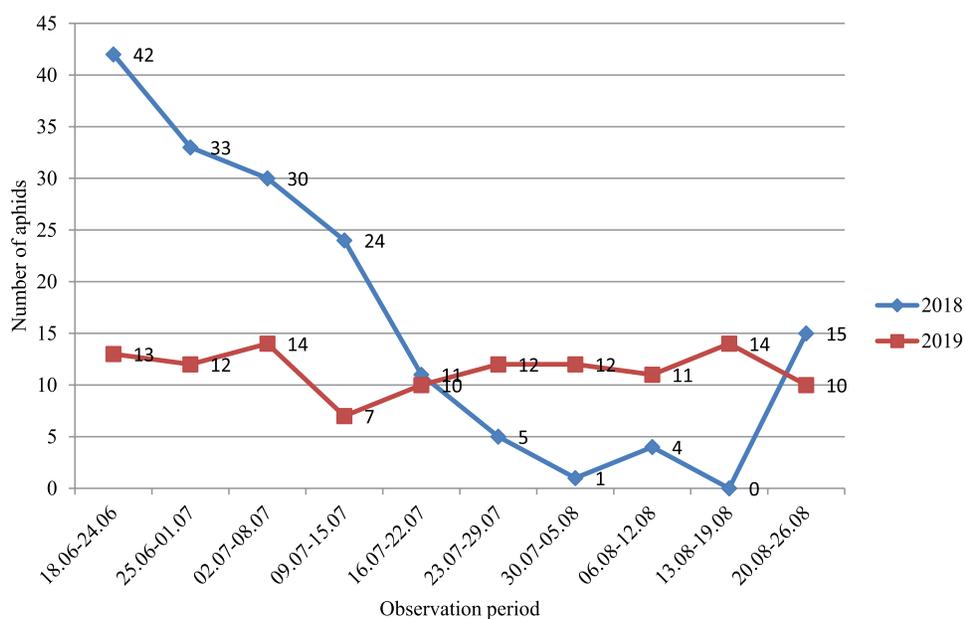


Fig. Change in the total number of winged aphids on potato plantings in the south of the Arkhangelsk region

Учитывая то, что экономические пороги вредоносности тлей для семенного картофеля составляют 5 особей на водную ловушку [17], что при различных погодных условиях тли присутствуют на посадках картофеля на протяжении всего вегетационного периода и что в среднем 86 % численности представлены видами, переносчиками вирусов, возникает необходимость обязательного раннего проведения защитных мероприятий — обработки посадок инсектицидами, соблюдения пространственной изоляции, борьбы с сорной растительностью, организации защитных полос. Данные мероприятия позволят на ранних этапах развития растений картофеля снизить численность тлей-основательниц и впоследствии прервать последующие генерации.

Заключение

На посадках картофеля в условиях юга Архангельской области было выявлено 16 видов тлей, 8 из которых являются прямыми и потенциальными переносчиками вирусов картофеля. Идентифицированными переносчиками вирусной инфекции картофеля являются *A. fabae Scop.*, *R. padi L.*, *H. lactucae L.*, *A. solani Kalt.*, *S. avenae F.*, *A. nasturtii Kalt.*, *M. euphorbiae Thomas*, *A. pisum Harr.*, доля которых в 2018 г. составила 91 % (150 шт.), в 2019 г. — 79,1 % (91 особь).

Количество крылатых тлей зависит от погодных условий. В теплых и сухих погодных условиях 2018 г. общая численность тлей, отловленных в ловушки, составила 165 особей, а в более прохладном и сыром 2019 г. численность насекомых была на 30 % ниже и составила 115 особей. При этом в 2019 г. отмечено два пика лёта — во вторую декаду июня и в третью декаду августа. В условиях 2018 г. явных пиков лёта не прослеживается, но во второй декаде июля наблюдалось резкое снижение численности (в два раза от предыдущего периода).

На протяжении всего вегетационного периода картофеля крылатые тли присутствуют на посадках, что указывает на необходимость проведения комплекса защитных мероприятий начиная с размещения полей до десикации ботвы картофеля.

Библиографический список

1. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова М.А., Пляхневич М.П., Пиеченков К.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Сташевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.
2. Анисимов Б.В., Смирнова Л.А. Зоны элитного семенного картофеля // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. 2015. № 5. С. 36—39.
3. Brault V., Uzeit M., Monsion B., Jacquot E., Blank S. Aphids as transport devices for plant viruses // *Comptes Rendus Biologies*. 2010. V. 333. № 6–7. P. 524—538. doi: 10.1016/j.crv.2010.04.001
4. Ерохова М.Д. Мониторинг тлей-переносчиков вирусов: международный и российский опыт // Защита картофеля. 2016. № 2. С. 24—30.
5. Юрлова С.М., Блинков Е.Г., Анисимов Б.В., Абашкин О.В. Мониторинг тлей-переносчиков вирусов при выращивании семенного картофеля // Картофелеводство: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля». 5–7 июля 2016 г. М., 2016. С. 200—210.
6. Берш М.Н. Тли-вредители картофеля // Защита картофеля. 2017. № 1. С. 30—34.
7. Синцова Н.Ф., Сергеева З.Ф., Осипова Т.А. Динамика лёта тлей-переносчиков вирусных болезней картофеля // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: школа молодых ученых по

- эколого-генетич. основам сев. растениеводства в рамках III Междунар. науч.-практич. конф., 4—5 апр. 2017 г. Киров, 2017. С. 148—152.
8. Remaudiee G., Seco Fernandez M.V. Claves de pulgones alados de la region Mediterranea. Universidad de Leon. 1990. 2. 205 p.
9. Vučetić A., Vukov T., Jovičić I., Petrović-Obradović O. Monitoring of aphid flight activities in seed potato crops in Serbia // *Zookeys*. 2013. № 319. P. 333—346. doi: 10.3897/zookeys.319.4315
10. Нормуродов Д.С., Эшонкулов Б.М., Облокулов Ф.А. Агробиологические основы безвирусного семеноводства картофеля // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 35—38.
11. Радченко Е.Е. Устойчивость картофеля к тлям // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 1. С. 74—82. doi: 10.18699/VJ17.225
12. Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A., Berim M.N. Species composition of aphids (HEMIPTERA, APHIDIDAE) on seed potato planting in Northwest Russia // *Entomological review*. 2019. № 8 (99). С. 1113—1124. doi: 10.1134/S0013873819080050
13. Шаманин А.А., Корелина В.А., Попова Л.А., Берим М.Н. Изучение видового состава тлей-переносчиков вирусов на посадках картофеля в Архангельской области // Вестник защиты растений. 2017. № 4 (94). С. 63—67.
14. Махоткин А.Г., Гричанов И.Я., Овсянникова Е.И. Водные ловушки для учета двукрылых насекомых // Защита и карантин растений. 2001. № 8. С. 36.
15. Мутин В.А., Шеенко П.С., Чурилова В.С. Результаты уловов двукрылых (Insecta, Diptera) ловушками Мёрике с оценкой привлекательности их цвета // Человек и природа: грани гармонии и углы соприкосновения. 2012. № 1. С. 140—146.
16. Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea — тли // Определитель насекомых Европейской части СССР. 1964. 1. С. 489—616.
17. Биологические (экономические) пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. Прилуки: БелНИИЗР, 2018. 28 с.

References

1. Anisimov BV, Belov GL, Varitsev YA, Elansky SN, Zhuromsky GK, Zavriev SK, et al. *Zashchita kartofelya ot boleznei, vreditelei i sornyakov* [Protection of potatoes from diseases, pests and weeds]. Moscow: Kartofelevod publ., 2009. (In Russ.).
2. Anisimov BV, Smirnova LA. Elite seed potato zones. *Informatsionnyi byulleten' Ministerstva sel'skogo khozyaistva Rossiiskoi Federatsii*. 2015; (5):36—39. (In Russ.).
3. Brault V, Uzest M, Monsion B, Jacquot E, Blank S. Aphids as transport devices for plant viruses. *Comptes Rendus Biologies*. 2010; 333(6–7):524—538. doi: 10.1016/j.crv.2010.04.001
4. Erohova MD. Monitoring of aphid vectors: international and Russian experience. *Zashchita kartofelya*. 2016; (2):24—30. (In Russ.).
5. Yurlova SM, Blinkov EG, Anisimov BV, Abashkin OV. Monitoring of virus-carrying aphids in seed potato cultivation. In: *Potato growing: Conference proceedings*. Moscow; 2016. p. 200—210. (In Russ.).
6. Berim MN. Aphids as potato pests. *Zashchita kartofelya*. 2017; (1):30—34. (In Russ.).
7. Sintsova NF, Sergeeva ZF, Osipova TA. Dynamics of flight of aphids-vectors of potato viral diseases. In: *Methods and technologies in plant breeding and crop production: Conference proceedings*. Kirov; 2017. p.148—152. (In Russ.).
8. Remaudiee G, Seco Fernandez MV. Claves de pulgones alados de la región mediterranea: v. 1 introducción y claves. León: Universidad de León; 1990.
9. Vučetić A, Vukov T, Jovičić I, Petrović-Obradović O. Monitoring of aphid flight activities in seed potato crops in Serbia. *Zookeys*. 2013; (319):333—346. doi: 10.3897/zookeys.319.4315
10. Normurudov DS, Eshonkulov BM, Oblokulov FA. Agrobiological bases of virus-free potato seed industry. *Bulletin of Michurinsk state agrarian university*. 2018; (4):35—38. (In Russ.).
11. Radchenko EE. Aphid resistance in potato. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017; 21(1):74—82. (In Russ.). doi: 10.18699/VJ17.225
12. Sukhoruchenko GI, Ivanova GP, Volgarev SA, Berim MN. Species composition of aphids (Hemiptera, Aphididae) on seed potato planting in Northwest Russia. *Entomological review*. 2019; 99(8):1113—1124. doi: 10.1134/S0013873819080050
13. Shamanin AA, Korelina VA, Popova LA, Berim MN. Study of the species composition of aphids — virus vectors of on potato crops in conditions of the Arkhangelsk region. *Plant protection news*. 2017; (4):63—67. (In Russ.).

14. Makhotkin AG, Grichanov IY, Ovsyannikova EI. Water traps to account for two-winged insects. *Plant protection and quarantine*. 2001; (8):36. (In Russ.).
15. Mutin VA, Sheenko PS, Churilova VS. Results of catches of dipterans (Insecta, Diptera) with Merike traps with an assessment of the attractiveness of their color. *Chelovek i priroda: grani garmonii i ugly soprikosnoveniya*. 2012; (1):140–146. (In Russ.).
16. Shaposhnikov GK. Suborder Aphidinea — aphids. In: Bei-Bienko GY. (ed.) *Opredelitel' nasekomykh Evropeiskoi chasti SSSR. T.1* [Insect Detector of the European part of the USSR. Vol. 1]. Moscow: Nauka publ.; 1964. p. 489–616. (In Russ.).
17. *Biologicheskie (ekonomicheskie) porogi vredonosnosti vrediteli, boleznei i sornykh rastenii v posevakh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Biological (economic) thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in agricultural crops]. Priluki: BelNIIZR publ.; 2018. (In Russ.).

Об авторах:

Шаманин Алексей Алексеевич — научный сотрудник лаборатории растениеводства, Приморский филиал федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук — Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский р-н., пос. Луговой, д. 10; e-mail: lexhik_1@mail.ru

Корелина Валентина Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, Приморский филиал федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук — Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский р-н., пос. Луговой, д. 10; e-mail: korelina60@mail.ru

Берим Марина Николаевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Российская Федерация, 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3; e-mail: berim_m@mail.ru

Попова Людмила Александровна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Приморский филиал федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук — Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Российская Федерация, 163032, Архангельская обл., Приморский р-н., пос. Луговой, д. 10; e-mail: arhniish@mail.ru
ORCID: 0000–0003–3764–9017

About authors:

Shamanin Aleksey Alekseevich — Researcher, Laboratory of Plant Growing, Primorsky Branch of Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences — Arkhangelsk Research Institute of Agriculture, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: lexhik_1@mail.ru

Korelina Valentina Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Primorsky Branch of Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences — Arkhangelsk Research Institute of Agriculture, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: korelina60@mail.ru

Berim Marina Nikolaevna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute for Plant Protection, 3, Podbelskogo sh., Pushkin, Petersburg, 196608, Russian Federation; e-mail: berim_m@mail.ru

Popova Lyudmila Aleksandrovna — Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Primorsky Branch of Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences — Arkhangelsk Research Institute of Agriculture, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, 163032, Russian Federation; e-mail: arhniish@mail.ru
ORCID: 0000–0003–3764–9017



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-226-237

УДК 631.46:630: 633.2.03(234.9)

Научная статья / Research article

Дыхательная активность микробного сообщества почвы и его функциональное разнообразие при смещении верхней границы леса в горах Северо-Западного Кавказа

А.Е. Селезнёва¹✉, К.В. Иващенко^{1,2} , С.В. Сушко^{1,3} ,А.И. Журавлева¹, Н.Д. Ананьева¹, С.А. Благодатский^{1,4} ¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пушкино, Российская Федерация²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация³Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация⁴Университет Хоэнхайм, г. Штутгарт, Германия
✉ alexandra_seleznyova@mail.ru

Аннотация. В горных районах одним из заметных последствий современного изменения климата является продвижение лесного пояса на субальпийские и альпийские луга. Такая смена растительных сообществ сопряжена с изменением качества поступающих в почву растительных остатков, что в свою очередь может существенно повлиять на минерализационную активность (базальное дыхание, БД) и функциональное разнообразие (ФР) микробного сообщества почвы. Цель работы — оценить распределение микробных (БД, ФР) и химических (С, N, C/N, pH) свойств почвы (0–10 см) вдоль лесо-луговых трансект Северо-Западного Кавказа (Карачаево-Черкесская Республика) с заповедными и пастбищными режимами землепользования. Выявлено, что от леса к лугу значимо возрастает содержание С и N в почве (оба режима землепользования), pH и скорость БД (заповедник). Однако ФР микробного сообщества почвы, напротив, уменьшается от леса к лугу, что, по-видимому, обусловлено меньшим разнообразием органических соединений, поступающих в почву только с травянистыми остатками, чем в сочетании с лесной подстилкой. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что варьирование ФР, pH, С и N вдоль изученных лесо-луговых трансект связано в большей степени с типом растительности (14...39 % объясненной вариации), а C/N и БД — с режимом землепользования (33...36 % объясненной вариации). Таким образом, большее воздействие на минерализационную активность микробного сообщества почвы будет иметь изменение режима землепользования, чем смещение верхней границы леса.

© Селезнёва А.Е., Иващенко К.В., Сушко С.В., Журавлева А.И., Ананьева Н.Д., Благодатский С.А., 2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0
International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Ключевые слова: физиологический профиль, микробиома почвы, тип землепользования, заповедник, пастбище, смена растительного сообщества

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

Финансирование. Благодарности. Отбор и анализ образцов выполнены при поддержке гранта РФФИ 20–34–70121. Статистическая обработка данных, обсуждение результатов и подготовка статьи проведены в рамках совместной программы DAAD и Минобрнауки России «Михаил Ломоносов».

История статьи:

Поступила в редакцию 12 августа 2021 г. Принята к публикации 13 сентября 2021 г.

Для цитирования:

Селезнёва А.Е., Иващенко К.В., Сушко С.В., Журавлева А.И., Ананьева Н.Д., Благодатский С.А. Дыхательная активность микробного сообщества почвы и его функциональное разнообразие при смещении верхней границы леса в горах Северо-Западного Кавказа // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронотомия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 226—237. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-226-237

Microbial respiration and functional diversity of soil microbial community under treeline shifts in the Northwestern Caucasus

Aleksandra E. Selezneva¹ ✉, Kristina V. Ivashchenko^{1,2} , Sofia V. Sushko^{1,3} ,
Anna I. Zhuravleva¹, Nadezhda D. Ananyeva¹, Sergey A. Blagodatsky^{1,4} 

¹Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science,
Russian Academy of Sciences, *Pushchino, Russian Federation*

²Peoples' Friendship University of Russia, *Moscow, Russian Federation*

³Agrophysical Research Institute, *Saint-Petersburg, Russian Federation*

⁴University of Hohenheim, *Stuttgart, Germany*

✉ alexandra_seleznyova@mail.ru

Abstract. In mountain areas, one of the noticeable results of modern climate change is rapid shift of treelines to subalpine and alpine meadows. Such vegetation shifts is associated with a change in quality of the plant residues entering the soils, which in turn can affect the mineralization activity (basal respiration) and functional diversity of the soil microbial community. Therefore, the study was aimed at assessing the soil microbial (basal respiration and functional diversity) and chemical (C, N, C/N, pH) properties (0–10 cm) along the reserved and grazed forest-meadow transects of the Northwestern Caucasus (Karachay-Cherkess Republic), as well as evaluating an effect of vegetation type and land use on variation of these soil properties. It was found that the C and N contents (for both land uses), pH and basal respiration (reserved slope) significantly increase from forest to meadow soils. In contrary, the microbial functional diversity decreased from forest to meadow soils, which might be due to less diverse organic compounds entering the soil only with grass residues than their combination with forest litter. Two-way ANOVA showed that soil microbial functional diversity, pH, C and N along the studied forest-meadow transects was mostly associated with vegetation type (14...39 % of the explained variation), and C/N and basal respiration — with land use (33...36 % of the explained variation). Thus, a land use change will have a more significant effect on the mineralization activity of soil microbial community than a treeline shifts.

Keywords: microbial community, physiological profile, land use, reserve, pasture, plant community change

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

Acknowledgments. The selection and analysis of samples were supported by the RFBR N 20–34–70121. Statistical data processing, discussion of the results and article preparation were carried in the frame of the joint program of DAAD and the Ministry of Education and Science of Russia — ‘Mikhail Lomonosov’.

Article history:

Received: 12 August 2021. Accepted: 13 September 2021.

For citation:

Selezneva AE, Ivashchenko KV, Sushko SV, Zhuravleva AI, Ananyeva ND, Blagodatsky SA. Microbial respiration and functional diversity of soil microbial community under treeline shifts in the Northwestern Caucasus. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):226–237. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-226-237

Введение

Отличительная особенность горных территорий — высотная поясность, обеспечивающая закономерное изменение биоклиматических условий с высотой. Поэтому в горах на относительно небольшом расстоянии друг от друга формируются контрастные экосистемы с характерным растительным покровом и почвенными свойствами. Именно поэтому горные территории часто выступают в качестве уникальной «лаборатории под открытым небом», используемой для изучения влияния изменения климата на свойства почв и фитоценозов [1–3].

Глобальное потепление климата — один из основных триггеров смещения границ леса в горах. Так, по разным оценкам скорость распространения верхней границы леса на субальпийские и альпийские луга составляет от 0,4 до 3,6 м год⁻¹ [4–6]. При этом зарастание пастбищных горных лугов лесами может также происходить и в результате снижения интенсивности выпаса [7–9].

Смещение границ леса приводит к значительным перестройкам в растительном сообществе [10]. Исследователи отмечают сокращение разнообразия фитоценозов вследствие вытеснения стенобионтных и эндемичных растений лугов эврибионтными видами, характерными для лесов средних высот [4]. Отмечено изменение экологической структуры фитоценозов при распространении леса, например, ожидается сокращение доли светлюбивых видов растений [10].

Растения, как первичные продуценты, являются основным поставщиком органического материала почвы и во многом определяют его качественный состав [11]. Показано, что экспансия горных лесов на луга ускоряет круговорот углерода почвы, при этом на фоне незначительного увеличения его запасов отмечается существенное изменение качественного состава органического вещества (ОВ) почвы [12]. В связи с этим, очевидно, что смещение границ леса приведет к изменению скорости минерализации ОВ почвы, которая во многом зависит от активности микробного сообщества и его функционального разнообразия (ФР). Исследования, направленные на сравнительную оценку изменений микробных свойств почв естественных (заповедных) и пастбищных лугов при смещении верхней границы леса, практически отсутствуют. В связи с этим **цель нашего исследования** заключалась в изучении дыхательной активности микробного сообщества почвы и его функционального

разнообразия вдоль лесо-луговых трансект заповедных и пастбищных горных склонов Северо-Западного Кавказа.

Материалы и методы исследования

Район и дизайн исследования. Исследования проводили на шести склонах северо-восточной экспозиции, расположенных на Северо-Западном Кавказе в Карачаево-Черкесской Республике. Изучаемые горные склоны различались режимом землепользования — заповедный и пастбищный. Три заповедных склона располагались на территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника (бассейн р. Большая Лаба, хребет Юха), три пастбищных — на территории хребта Чапаллы, в верховьях р. Уруп. В геологическом отношении исследуемая территория сложена бескарбонатными горными породами юрской и пермской систем¹.

Для изучения свойств почвы и растительного покрова на границе лесных и луговых экосистем на каждом из склонов были заложены четыре трансекты, пересекающие лиственный лес, переходную зону (верхняя граница леса) и луг. На каждом участке трансекты (лес, переходная зона, луг) были определены площадки 0,25 м². Почвенные образцы были отобраны из верхнего органо-минерального горизонта почвы (слой 0–10 см, 4 трансекты × 6 горных склонов × 3 участка = 72). Проводили описание почвенного профиля, согласно которому почвы исследуемой территории диагностировали как буроземы и буроземы темно-гумусовые².

Свежеотобранные образцы были доставлены в лабораторию, просеяны через сито 2 мм и разделены на две части. Первую часть хранили при 4 °С для определения микробной активности. Вторую часть высушивали до воздушно-сухого состояния при 22 °С, просеивали и использовали для химического анализа.

Химический анализ. Содержание общего углерода С и азота N почвы определяли методом ИК-спектроскопии после ее сжигания в токе кислорода (1100 °С; анализатор CHNS-932 LECO Corp., США) и рассчитывали отношение C/N. pH определяли в водной суспензии (почва: вода = 1: 2,5) потенциометрическим методом (рН-метр «Эксперт-рН», Россия).

Микробиологический анализ. Дыхательную активность микробного сообщества почвы (базальное дыхание) измеряли для оценки скорости разложения ее органического вещества [13]. Техникой MicroRespTM определяли дыхательный отклик микробного сообщества почвы на внесение различных низкомолекулярных органических соединений для характеристики его физиологического профиля (англ. community level physiological profile, CLPP) [14]. В ячейки специального планшета вносили навески почвы, добавляли субстраты группы карбоновых кислот (аскорбиновая, лимонная, щавелевая), углеводы (глюкоза, фруктоза, галактоза), аминокислоты (глицин, лейцин, аргинин, аминокислотная и аспарагиновая кислоты) и фенольных кислот (сиреневая, ванилиновая). Подготовленные планшеты

¹ Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации. Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru>

² Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 341 с.

с почвой и органическими субстратами инкубировали 6 ч при 25 °С. Дыхательный отклик микробного сообщества почвы оценивали колориметрически (изменение окраски индикационного геля при взаимодействии с выделившимся CO₂) с помощью микропланшетного ридера (FilterMax F5, США; абсорбция при λ595 нм). Функциональное разнообразие микробного сообщества почвы оценено индексом Шеннона на основании данных о физиологическом профиле: $H = -\sum p_i \times \ln p_i$, где p_i — отношение дыхательного отклика на внесение отдельного субстрата к сумме такового для всех испытываемых субстратов.

Перед началом микробиологических анализов почвенные образцы предварительно увлажняли до 50...60 % полной влагоемкости и предынкубировали 72 ч при 25 °С [15].

Статистический анализ. Значимость различий химических и микробных свойств почв оценивали однофакторным дисперсионным анализом (one-way ANOVA) с последующим попарным множественным сравнением средних (критерий Тьюки). Двухфакторный дисперсионный анализ (two-way ANOVA) был применен для оценки вклада типа землепользования и экосистемы в дисперсию химических и микробных свойств изученных почв. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли в среде программирования R4.0.4.

Результаты исследования и обсуждение

В долгосрочной перспективе смещение верхней границы леса на луга приводит к снижению рН, общего содержания С и N почвы не зависимо от режима землепользования горных склонов (табл. 1). Выявлено, что изменение содержания С и N почвы вдоль лесо-луговых трансект значительно для пастбищных склонов (различие между лугом и лесом в 1.4 и 1.5 раз соответственно), чем заповедных. При этом изменение кислотности почвы в большей степени характерно для естественных склонов, чем пастбищных. Отношение С/N почвы не различается для изученных участков трансект. Исследователи Уральских гор отмечают, что смещение верхней границы леса способствует незначительному увеличению запасов углерода почвы и существенно влияет на качество ОВ: вклад фенольных и ароматических соединений в его составе выше в лесу по сравнению с альпийским лугом [12]. Также этими авторами показано, что отношение С/N органогенного горизонта почвы не различается для изученных экосистем, при этом оно существенно уменьшается вдоль почвенного профиля для леса и незначительно изменяется для луга.

Показано, что скорость разложения органического вещества микробным сообществом почвы увеличивается от леса к лугу (рис. 1, А). Такое увеличение в большей степени проявляется для почв заповедных склонов, чем пастбищных (различие между лесными и луговыми экосистемами в 1,4 и 1,3 раза). Другие исследования также показали, что активность фермента β-глюкозидазы, участвующего на конечных стадиях разложения целлюлозы, увеличивается от лесов к лугам вдоль склонов Каскадных гор [16]. Автор отмечает, что при «смещении» горно-лесного пояса почвы лугов могут приобретать особенно-

сти, характерные для лесных почв за достаточно короткий период времени. В то же время в нашем исследовании показано, что относительная скорость разложения органического вещества почвы (микробное дыхание на единицу углерода) значимо не различается для изученных участков трансект заповедного и пастбищного горных склонов (рис. 1, Б). Эти данные отличаются от имеющихся в научной литературе сведений об ускорении круговорота углерода при смещении верхней границы леса в результате увеличения скорости минерализации азота органического вещества [12].

Таблица 1

Химические свойства почвы (0–10 см, среднее ± ст. ошибка, величины с разными буквами значимо различаются при P < 0,05)

Участок трансекты*	pH	C,%	N,%	C/N
Заповедный склон				
ЛГ	4,78 ± 0,08 a	11,52 ± 0,61 a	0,92 ± 0,04 a	12,50 ± 0,20 a
ПЗ	4,63 ± 0,07 ab	10,92 ± 0,48 ab	0,88 ± 0,04 a	12,46 ± 0,26 a
ЛС	4,48 ± 0,06 b	8,95 ± 0,73 b	0,70 ± 0,04 b	12,56 ± 0,43 a
Пастбищный склон				
ЛГ	4,69 ± 0,06 a	10,58 ± 0,52 a	0,94 ± 0,05 a	11,25 ± 0,10 a
ПЗ	4,58 ± 0,06 a	9,88 ± 0,56 a	0,88 ± 0,05 a	11,21 ± 0,12 a
ЛС	4,49 ± 0,07 a	7,37 ± 0,28 b	0,64 ± 0,03 b	11,51 ± 0,25 a

*ЛГ – луг; ПЗ – переходная зона; ЛС – лес

Table 1

**Soil chemical properties
(0–10 cm, mean ± SE, values with different letters differ significantly at P < 0.05)**

Sites	pH	C,%	N,%	C/N
Reserve side				
Meadow	4.78 ± 0.08 a	11.52 ± 0.61 a	0.92 ± 0.04 a	12.50 ± 0.20 a
Treeline	4.63 ± 0.07 ab	10.92 ± 0.48 ab	0.88 ± 0.04 a	12.46 ± 0.26 a
Forest	4.48 ± 0.06 b	8.95 ± 0.73 b	0.70 ± 0.04 b	12.56 ± 0.43 a
Pasture side				
Meadow	4.69 ± 0.06 a	10.58 ± 0.52 a	0.94 ± 0.05 a	11.25 ± 0.10 a
Treeline	4.58 ± 0.06 a	9.88 ± 0.56 a	0.88 ± 0.05 a	11.21 ± 0.12 a
Forest	4.49 ± 0.07 a	7.37 ± 0.28 b	0.64 ± 0.03 b	11.51 ± 0.25 a

Физиологический профиль микробного сообщества почвы переходной зоны имеет большее сходство с таковым луга и отличается от леса (рис. 2, А). Такая тенденция отмечается как для заповедных, так и для пастбищных горных склонов. Вместе с тем, «инвазия» древесной растительности на луга приводит к увеличению функционального разнообразия микробного сообщества (рис. 2, Б). По-видимому,

поступление растительных остатков разнотравья с листовенным опадом в почву луга при смещении горно-лесного пояса расширяет спектр доступных органических соединений, что способствует увеличению функционального разнообразия ее микробиома.

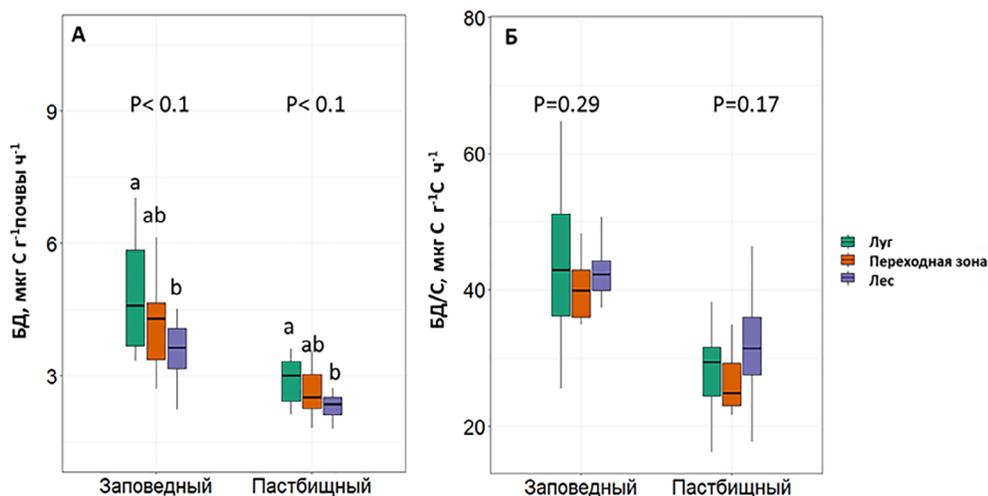


Рис. 1. Дыхательная активность (базальное дыхание) микробного сообщества (А) и дыхательная активность на единицу углерода (Б) почвы луга, переходной зоны, леса на заповедном и пастбищном горных склонах

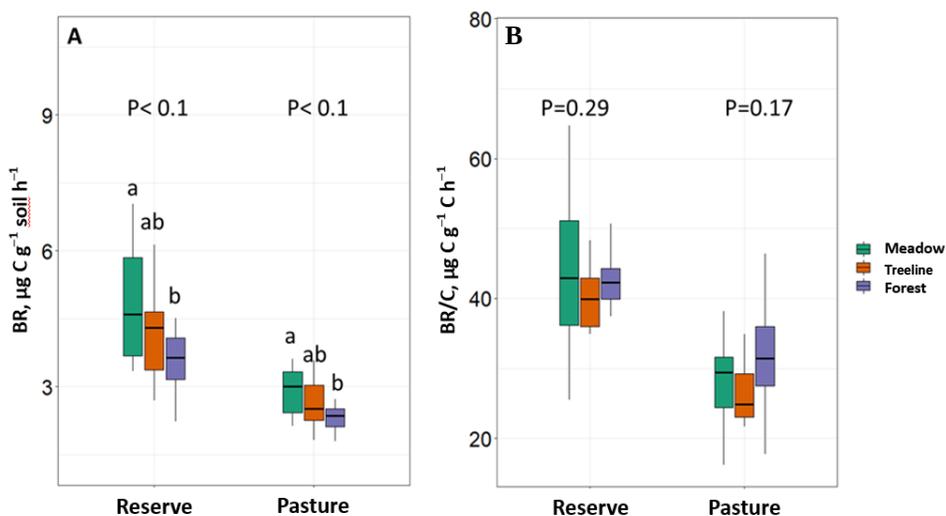


Fig. 1. Basal respiration of the microbial community (A) and respiration activity per carbon unit (B) of soil of the meadow, treeline, forest on reserved and pasture mountain slopes

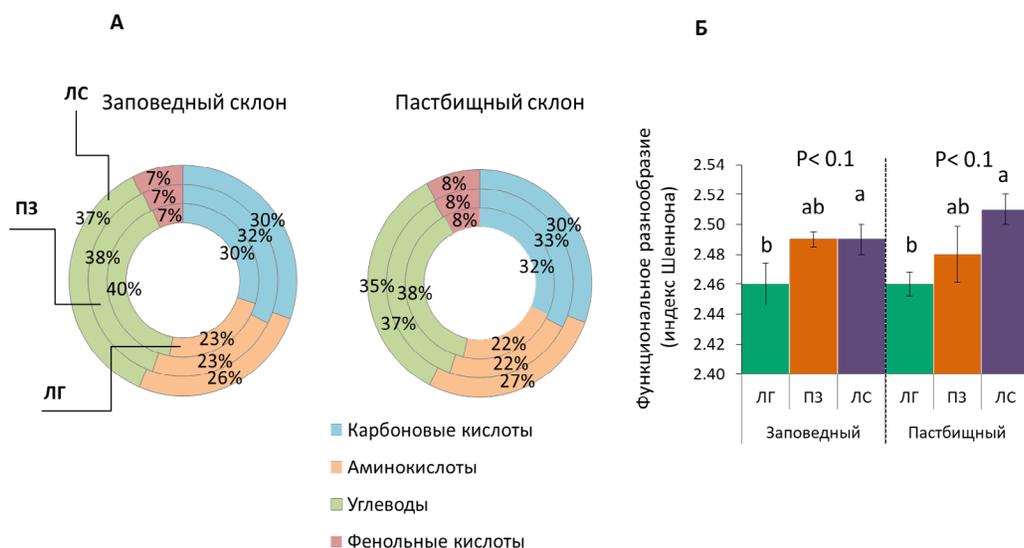


Рис. 2. Вклад дыхательного отклика микробного сообщества почвы (0–10 см) на группу органических субстратов (карбоновые, аминокислоты, углеводы, фенольные кислоты) в общее субстрат-индуцированное дыхание (А) и среднее значение индекса Шеннона (Б) для леса (ЛС), переходной зоны (ПЗ, верхняя граница леса) и луга (ЛГ) заповедного и пастбищного горных склонов

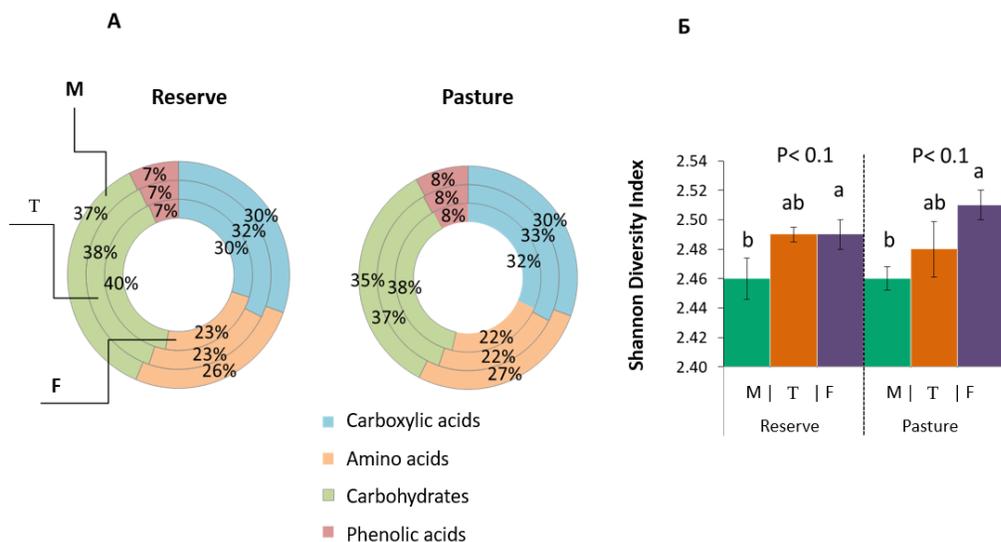


Fig. 2. Respiratory responses of soil microbial community (0–10 cm) to the group of organic substrates (carboxylic acids, amino acids, carbohydrates, phenolic acids) in the total substrate-induced respiration (A) and the average value of the Shannon Diversity Index (Б) for meadow (M), Treeline (T, upper border of the forest) and forest (F) on reserve and pasture mountain slopes

Важно отметить, что такое изменение функциональной структуры микробного сообщества луговых почв происходит вследствие уменьшения доли микроорганизмов, потребляющих легкодоступные органические соединения (углеводы, карбоновые кислоты) и увеличения вклада микробных групп, окисляющих аминокислоты.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что рН, содержание С, N и функциональное разнообразие микробного сообщества почвы наиболее чувствительны к смещению верхней границы леса (вклад в дисперсию 14...39 %), в то время как отношение C/N и микробная активность (БД, БД/С) в большей степени определяются режимом землепользования (вклад в дисперсию 33...36 %) (рис. 3).

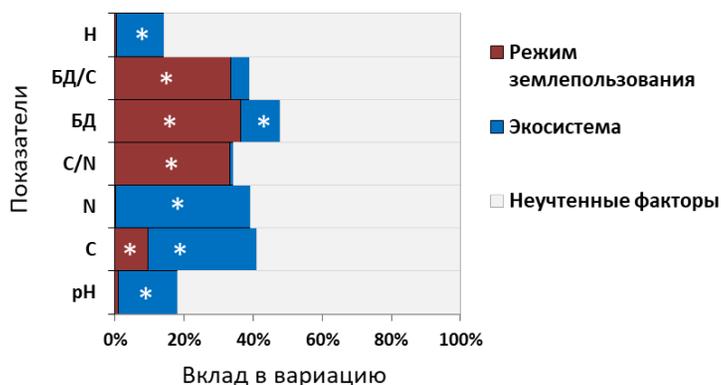


Рис. 3. Доля объясненной вариации (изменения) химических и микробных показателей почвы под влиянием изученных (режим землепользования: заповедный и пастбищный, экосистема: лес, переходная зона и луг) и неучтенных факторов. *P < 0,05 H – индекс функционального разнообразия; БД – базальное дыхание

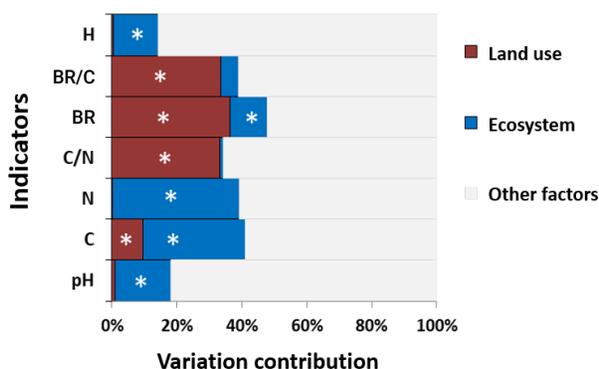


Fig. 3. The proportion of the explained variation (change) of chemical and microbial parameters of soil under the influence of the studied (land use regime: reserve and pasture, ecosystem: meadow, treeline and forest) and other factors. * P < 0.05 H – functional diversity index; BR – basal respiration

Заключение

Таким образом, наблюдаются схожие закономерности изменения изученных показателей почвы при смещении верхней границы леса для заповедных и пастбищных горных склонов. В результате глобального потепления климата продвижение лесов на луга приведет к снижению рН, содержания С, N и увеличению функционального разнообразия микробного сообщества верхнего слоя почвы, однако не существенно повлияет на скорость разложения его органического вещества.

Больший вклад в изменение качества органического вещества (отношение C/N) почвы и скорости его минерализации вносит режим землепользования (заповедный и пастбищный), а не смещение верхней границы леса в горах.

Библиографический список

1. Kapos V, Rhind J, Edwards M, Price M, Ravilious C. Developing a map of the world's mountain forests // *Forests in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000*. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development / ed. by M. Price, N. Butt. Wallingford: CABI Publishing, 2000.
2. Margesin R, Nikilinska M. Elevation gradient: Microbial indicators of climate change? // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10. P. 2405. doi: 10.3389/fmicb.2019.02405
3. Shen C., Gunina A., Luo Y., Wang J., He J.-Z., Kuzyakov Y., Hemp A., Classen A.T., Ge Y. Contrasting patterns and drivers of soil bacterial and fungal diversity across a mountain gradient // *Environmental Microbiology*. 2020. Vol. 22. № 8. P. 3287—3301. doi: 10.1111/1462–2920.15090
4. Jump A., Huang T., Chou C. Rapid altitudinal migration of mountain plants in Taiwan and its implications for high altitude biodiversity // *Ecography*. 2012. Vol. 35. P. 204—210. doi:10.1111/j.1600–0587.2011.06984.x
5. Tiwari A., Jha P. An overview of treeline response to environmental changes in Nepal Himalaya // *Tropical Ecology*. 2018. Vol. 59. № 2. P. 273—285.
6. Cudlín P., Klop M., Tognetti R. Drivers of treeline shift in different European mountains // *Climate Research*. 2017. Vol. 73. P. 135–150. doi: 10.3354/cr01465
7. Körner C., Paulsen J., Spehn E. A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data // *Alpine Botany*. 2011. Vol. 121. № 2. P. 73—78. doi: 10.1007/s00035–011–0094–4
8. Gatti R., Callaghan T., Velichevskaya A., Dudko A., Fabbio L., Battipaglia G., Liang J. Accelerating upward treeline shift in the Altai Mountains under last-century climate change // *Scientific reports*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 7678. doi: 10.1038/s41598–019–44188–1
9. Skre O. Northern treelines as indicators of climate and land use changes — A literature review // *Agrotechnology*. 2019. Vol. 9. № 1. P. 190.
10. Greenwood S., Jump A. Consequences of treeline shifts for the diversity and function of high altitude ecosystems // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2014. Vol. 46. № 4. P. 829—840. doi: 10.1657/1938–4246–46.4.829
11. Quideau S., Chadwick O., Benesi A., Graham R., Anderson M. A direct link between forest vegetation type and soil organic matter composition // *Geoderma*. 2001. Vol. 104. № 1–2. P. 41—60. doi:10.1016/S0016–7061(01)00055–6
12. Kammer A., Hagedorn F., Shevchenko I., Leifeld J., Guggenberger G., Goryacheva T., Rigling A., Moiseev P. Treeline shifts in the Ural mountains affect soil organic matter dynamics // *Global Change Biology*. 2009. Vol. 15. № 6. P. 1570—1583. doi: 10.1111/j.1365–2486.2009.01856.x
13. ISO 16072. Soil quality — laboratory methods for determination of microbial soil respiration. Geneva, Switzerland; 2002.
14. Campbell C., Chapman S., Cameron C. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil // *Applied and Environmental Microbiology*. 2003. Vol. 69. № 6. P. 3593—3599. doi: 10.1128/aem.69.6.3593–3599.2003
15. Jones R., Verheijen F., Reuter H., Jones A. Environmental assessment of soil for monitoring volume V: Procedures & protocols // EUR23490 EN/5. Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 2008. P. 165.
16. Griffiths R., Madritch M., Swanson A. Conifer invasion of forest meadows transforms soil characteristics in the Pacific Northwest // *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 208. № 1–3. P. 347—358. doi: 10.1016/j.foreco.2005.01.015

References

1. Kapos V, Rhind J, Edwards M, Price MF, Ravilious C. Developing a map of the world's mountain forests. In: Price MF, Butt N. (eds.) *Forests in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000*. Wallingford: CAB International; 2000. p.4—19.

2. Margesin R, Nikilinska MA. Elevation gradients: Microbial indicators of climate change? *Frontiers in Microbiology*. 2019; 10: 2405. doi: 10.3389/fmicb.2019.02405
3. Shen C, Gunina A, Luo Y, Wang J, He JZ, Kuzyakov Y, et al. Contrasting patterns and drivers of soil bacterial and fungal diversity across a mountain gradient. *Environmental Microbiology*. 2020; 22(8):3287–3301. doi: 10.1111/1462-2920.15090
4. Jump AS, Huang TJ, Chou CH. Rapid altitudinal migration of mountain plants in Taiwan and its implications for high altitude biodiversity. *Ecography*. 2012; 35(3):204–210. doi: 10.1111/j.1600-0587.2011.06984.x
5. Tiwari A, Jha PK. An overview of treeline response to environmental changes in Nepal Himalaya. *Tropical Ecology*. 2018; 59(2):273–285.
6. Cudlin P, Klopčič M, Tognetti R, Malis F, Alados CL, Bebi P, et al. Drivers of treeline shift in different European mountains. *Climate Research*. 2017; 73(1–2):135–150. doi: 10.3354/cr01465
7. Körner C, Paulsen J, Spehn EM. A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alpine Botany*. 2011; 121(2):73–78. doi: 10.1007/s00035-011-0094-4
8. Gatti RC, Callaghan T, Velichevskaya A, Dudko A, Fabbio L, Battipaglia G, et al. Accelerating upward treeline shift in the Altai Mountains under last-century climate change. *Scientific reports*. 2019; 9(1):7678. doi: 10.1038/s41598-019-44188-1
9. Skre O. Northern treelines as indicators of climate and land use changes — A literature review. *Agrotechnology*. 2019; 9(1):190. doi: 10.35248/2168-9881.19.8.190
10. Greenwood S, Jump AS. Consequences of treeline shifts for the diversity and function of high altitude ecosystems. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2014; 46(4):829–840. doi: 10.1657/1938-4246-46.4.829
11. Quideau SA, Chadwick OA, Benesi A, Graham RC, Anderson MA. A direct link between forest vegetation type and soil organic matter composition. *Geoderma*. 2001; 104(1–2):41–60. doi: 10.1016/S0016-7061(01)00055-6
12. Kammer A, Hagedorn F, Shevchenko I, Leifeld J, Guggenberger G, Goryacheva T, et al. Treeline shifts in the Ural mountains affect soil organic matter dynamics. *Global Change Biology*. 2009; 15(6):1570–1583. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.01856.x
13. International Organization for Standardization. ISO 16072. *Soil quality — laboratory methods for determination of microbial soil respiration*. Geneva, Switzerland; 2002.
14. Campbell CD, Chapman SJ, Cameron CM, Davidson MS, Potts JM. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Applied and Environmental Microbiology*. 2003; 69(6):3593–3599. doi: 10.1128/aem.69.6.3593-3599.2003
15. Jones RJA, Verheijen FGA, Reuter HI, Jones AR. (eds.) *Environmental assessment of soil for monitoring Volume V: Procedures & protocols*. Luxembourg: EUR23490 EN/5, Office for the Official Publications of the European Communities; 2008.
16. Griffiths R, Madritch M, Swanson A. Conifer invasion of forest meadows transforms soil characteristics in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management*. 2005; 208(1–3):347–358. doi: 10.1016/j.foreco.2005.01.015

Об авторах:

Селезнёва Александра Евгеньевна — аспирант, младший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Российская Федерация, 142290, г. Пущино, Московская область, ул. Институтская, д. 2; e-mail: alexandra_seleznyova@mail.ru

Иващенко Кристина Викторовна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Российская Федерация, 142290, г. Пущино, Московская область, ул. Институтская, д. 2; старший преподаватель департамента ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, Аграрно-технологический Институт, Российский университет дружбы народов, 117198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: ivashchenko.kv@gmail.com
ORCID 0000-0001-8397-158X

Сушко Софья Владимировна — кандидат биологических наук, научный сотрудник, Агрофизический научно-исследовательский институт, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 195220, просп. Гражданский, д. 14; e-mail: rogovaja7@mail.ru
ORCID 0000-0003-0664-7641

Журавлева Анна Ивановна — младший научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Российская Федерация, 142290, г. Пушкино, Московская область, ул. Институтская, д. 2; e-mail: zhuravlevaai@rambler.ru

Ананьева Надежда Дмитриевна — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Российская Федерация, 142290, г. Пушкино, Московская область, ул. Институтская, д. 2; e-mail: ananyeva@rambler.ru

Благодатский Сергей Александрович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Университет Хоэнхайм, Германия, 70599, Штутгарт, ул. Гарбе, д. 13; e-mail: Sergey.Blagodatskiy@uni-hohenheim.de
ORCID 0000–0003–1428–6014

About authors:

Selezneva Aleksandra Evgenievna — PhD student, junior researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, 2 Institutskaya st., Pushchino, Moscow region, 142290, Russian Federation; e-mail: alexandra_seleznyova@mail.ru

Ivashchenko Kristina Viktorovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, 2 Institutskaya st., Pushchino, Moscow region, 142290, Russian Federation; Researcher, Center Senior Lecturer, Department of Landscape Design and Sustainable Ecosystems, The Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: ivashchenko.kv@gmail.com

ORCID 0000–0001–8397–158X

Sushko Sofia Vladimirovna — Candidate of Biological Sciences, Researcher, Agrophysical Research Institute, 14 Grazhdansky avenue, St. Petersburg, 195220, Russian Federation; e-mail: rogovaja7@mail.ru

ORCID 0000–0003–0664–7641

Zhuravleva Anna Ivanovna — Junior Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, 2 Institutskaya st., Pushchino, Moscow region, 142290, Russian Federation; e-mail: zhuravlevaai@rambler.ru

Ananyeva Nadezhda Dmitrievna — Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, 2 Institutskaya st., Pushchino, Moscow region, 142290, Russian Federation; e-mail: ananyeva@rambler.ru

Blagodatsky Sergey Aleksandrovich — Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, University of Hohenheim, 13 Garbe st., Stuttgart, 70599, Germany; e-mail: Sergey.Blagodatskiy@uni-hohenheim.de
ORCID 0000–0003–1428–6014



Ландшафтная архитектура и дизайн

Landscape architecture and design

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-238-254

УДК 712:502.3:504

Научная статья / Research article

Создание лечебного и терапевтического ландшафтов: опыт проектирования

Э.Э. Красильникова  , И.В. Журавлева , И.А. Заика

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Российская Федерация

 landurbanizm@gmail.com

Аннотация. Рассматривается значимость здорового долголетия как главный элемент оценки качества формируемой городской среды. Исследован опыт создания оздоровительных ландшафтов. Обоснована актуальность создания комфортной городской среды с позиции насыщения ее оздоровительной функцией и нивелирования негативных процессов урбанизации, отягощенных глобализацией и COVID-19. Приведены результаты проектирования оздоровительных ландшафтов с их последующей интеграцией в градозоологический каркас системы городского озеленения Севастополя. Изучение территории проектирования осуществлялось с общепринятыми методами полевых исследований.

Ключевые слова: оздоровительный ландшафт, терапевтические сады, зеленый каркас, лечебные учреждения, больничные сады

Заявление о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Финансирование. Благодарности. Внутренний грант Севастопольского государственного университета № 29/06–31.

Информация о вкладе каждого автора. Красильникова Э.Э. — концепция исследования и проекта, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, выполнение графического материала; Журавлева И.В. — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; Заика И.А. — сбор и обработка материалов, выполнение графического материала.

История статьи: Поступила в редакцию: 19 июля 2021 г. Принята к публикации: 1 сентября 2021 г.

Для цитирования:

Красильникова Э.Э., Журавлева И.В., Заика И.А. Создание лечебного и терапевтического ландшафтов: опыт проектирования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 238—254. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-238-254

© Красильникова Э.Э., Журавлева И.В., Заика И.А., 2021



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

Creating Healing and Therapeutic Landscapes: Design Experience

Elina E. Krasilnikova  , Inna V. Zhuravleva , Inna A. Zaika

Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
 landurbanizm@gmail.com

Abstract: Healthy longevity is becoming the main element in assessing the quality of the formed urban environment. The relevance of creating a comfortable urban environment is of great importance for leveling the negative processes of urbanization, burdened by globalization and COVID-19. The article presents the results of designing health-improving landscapes with their integration into the urban-ecological framework of the urban greening system of Sevastopol. The study of the design area was carried out using generally accepted methods of field research.

Keywords: healing landscape, therapeutic gardens, green frame, treatment facilities, hospital gardens

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

Acknowledgments. The research was supported by Sevastopol State University grant (29/06–31).

Authors contribution. EEK — developed and designed the project; EEK, IVZ, IAZ collected the data; EEK, IVZ analyzed the data; EEK, IAZ — executed graphics, IVZ — wrote the paper.

Article history: Received: 19 July 2021. Accepted: 1 September 2021.

For citation:

Krasilnikova EE, Zhuravleva IV, Zaika IA. Creating healing and therapeutic landscapes: design experience. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):238—254. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-238-254

Введение

Интегрированная система городских ландшафтов и природных ландшафтов в городах и мегаполисах является основой формирования зеленой инфраструктуры. Необходимость интегрировать, связывать в единую экологическую сеть различные по своему функциональному назначению объекты озеленения является важной составляющей формирования устойчивого и здорового города сейчас и в будущем. В настоящее время имеется много примеров успешной практики создания зеленой инфраструктуры городов [1–3].

Оздоровительные ландшафты в настоящее время представлены в основном терапевтическими садами объектов здравоохранения (опыт Америки, Франции, Испании, Сингапура [4], Японии¹ и других стран). Будучи ландшафтно-планировочно организованными в сад, терапевтические сады являются структурным

¹ Accessible Environment — Kansai Rosai Hospital Garden, Osaka, Japan [Electronic resource]. Режим доступа: <http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121.html> Дата обращения: 17.10.2020.

элементом лечебных ландшафтов. Терапевтические сады — лечебные открытые сады с деревьями и кустарниками, специально проектируемые с позиции соответствия физическим, психологическим и социальным потребностям людей, в первую очередь людей, находящихся на лечении и реабилитации в лечебных учреждениях [5]. Правильно подобранный ассортимент древесно-кустарниковых насаждений и их композиционная организация обеспечивают привлекательность места для физических упражнений и способствуют физическому здоровью, улучшают психическое состояние, уменьшают хронические боли, улучшают внимание, снижают стресс. Терапевтические сады, расположенные на территории лечебных учреждений и разработанные специально для целевой группы пациентов (аутисты, психиатрические, туберкулезные, онкологические и другие пациенты), признаются врачами как важный аспект помощи в прогрессе оздоровления и преодолении болезни [1]. Терапевтический сад на территории больницы — это не просто парк, а общественное пространство, завершающее целостную картину медицинского учреждения [6]. Ассортимент растений терапевтического сада формируется с учетом природно-климатических характеристик региона, целебных свойств растений, их декоративных свойств, сохраняемых в течение всего периода вегетации.

Цель исследования — анализ принципов и опыта создания оздоровительных ландшафтов. Основные задачи исследования заключаются в создании и последующей интеграции оздоровительных ландшафтов в зеленый каркас (зеленую инфраструктуру) и градоэкологический каркас системы городского озеленения Севастополя и содействии оздоровлению и реабилитации пациентов больниц, жителей города путем использования возможностей оздоровительных и терапевтических ландшафтов, в частности, терапевтических садов, способствующих нормализации психо-эмоционального состояния горожан.

Материалы и методы исследования

Природоохранная значимость обследованной территории определяется наличием и степенью сохранности природных ландшафтов, включая зональные типы растительности, уникальные фитоценозы, редкие виды, а также ценными парковыми сообществами и зелеными зонами. Растительный покров территории определяется природными условиями региона и отличается высоким фиторазнообразием². Описание растительного покрова в границах объектов проводилось маршрутным методом натурных полевых исследований. Анализ видового состава флоры проводился с использованием флористических и геоботанических описаний. Идентификация видов велась по «Определителю высших растений Крыма»³. Флористические и геоботанические исследования выполнены в соответствии с общепринятыми методами полевых исследований. При описании растительности территории использованы сводки по растительности, полученные в ходе натурных исследований территории.

² Красная книга города Севастополя / Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя. Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДЮАФК», 2018. 432 с.

³ Определитель высших растений Крыма / ред. и сост. Н.И. Рубцов. Л.: Наука, 1972.

Растительность обследованной территории объектов здравоохранения города Севастополя (культурфитоценозы) представляет собой искусственно созданные сообщества видов-интродуцентов. По сравнению с естественными ценозами, культурфитоценозы менее долговечны и устойчивы, не имеют, как правило, четко выраженной структуры, одно-или двухярусны, в основном выполняют эстетическую и озеленительную функции, требуют постоянного ухода по поддержанию и формированию структуры и ассортиментного состава видов. Культурфитоценозы представляют собой облагороженные участки природной растительности, где интродуценты сочетаются с естественной растительностью, сохранившейся при закладке парков на территориях объектов здравоохранения Севастополя, и представляют собой сообщества смешанного типа. Смешанные сообщества по своей структуре и видовому составу аналогичны фоновым ценозам и включают, кроме того, интродуценты, занимающие соответствующие яруса сообществ.

Результаты исследования и обсуждения

За последние десять лет произошел ряд крупных международных событий, посвященных вопросам возвращения «природы в города», сбережения, восстановления природной среды и экологического здоровья на планетарном уровне. Современные процессы градостроительного развития и градоустройства связаны с созданием качественной комфортной и безопасной городской среды, качество жизни является основным критерием успешности и эффективности градостроительных стратегий. На первый план выходит проблема обеспечения населения качественной городской средой, способствующей продлению жизни и создающей комфортные условия жизни для всех категорий граждан. Здоровое долголетие жителей становится главным элементом оценки качества формируемой городской среды.

Ландшафтный урбанизм, основанный на комплексном, междисциплинарном подходе к формированию комфортной, социально-ориентированной и экологически устойчивой структуры городов, в настоящее время определяет основные экосистемные направления в создании здоровой среды наших городов. Восприятие города как ландшафта является одной из идеологических концепций ландшафтного урбанизма, поэтому, говоря о формировании зеленой инфраструктуры города, следует помнить о создании сложной интегрированной системы природных и урбанизированных ландшафтов, образующих устойчивую экосистему города.

Современные оздоровительные ландшафты помимо терапевтических садов включают ландшафты, выполняющие оздоровительные функции и являющиеся общественными пространствами, обеспечивая связи между зданиями различного назначения, объектами отдыха и пешеходными маршрутами без пересечения с транспортными и техническими проездами и с прилегающим городским пространством. Таким образом, происходит интеграция оздоровительных ландшафтов в городскую ткань и зеленую инфраструктуру города.

В настоящее время многие страны интегрируют в архитектуру объектов здравоохранения природные элементы. Основной целью данной интеграции является использование природных объектов как дополнительного немедикаментозного

средства ускорения процесса выздоровления пациентов. Безусловно, в период распространения COVID-19 подобная практика становится особенно востребованной.

Наглядным примером является интеграция парка Parc Sanitari Pere Virgili в районе Грасия в Барселоне (рис. 1). В результате начавшийся в 1999 г. градостроительной регенерации старого военного госпиталя в медицинский центр, предоставляющий медицинские, исследовательские и образовательные услуги [7].



Рис. 1. Пример интеграции терапевтического ландшафта Parc Sanitari Pere Virgili в общественно-пешеходное пространство улицы, Барселона, Испания (Автор фото Э.Э. Красильникова)

Fig. 1. The integration of Parc Sanitari Pere Virgili therapeutic landscape into the public-pedestrian space of the street, Barcelona, Spain (Krasilnikova E.E., ©)

К школам по эстетике ландшафта относятся теория перспективы-убежища⁴, гипотеза саванны (Orians & Heerwagen, 1986⁵ и 1992⁶), а также более поздняя гипотеза биофилии (Wilson, 1984⁷ и 1993⁸), которые послужили источником вдохновения для многих практиков ландшафтного дизайна. Врожденное влечение людей к природе привело к становлению принципов биофильного дизайна в создании искусственной среды: создаваемая природная среда должна обеспечить оптимальные восстанавливающие преимущества для ее пользователей [7–11].

Сегодня оздоровительные ландшафты — это естественные, модифицированные или специально разработанные ландшафты на основе доказанного воздействия на удовлетворение физических, психологических и социальных потребностей людей, использующих ландшафты в целях оздоровления. Отмечено, что даже непродолжи-

⁴ Appleton J. Landscape evaluation: the theoretical vacuum // Trans. Inst. Brit. Geog. 1975. № 66. P. 120–123.

⁵ Orians G. An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics // Penning-Rowsell, E.C. & D. Lowenthal, Landscape Meanings and Values, Allen & Unwin, London. 1986.

⁶ Orians G., Heerwagen J.H. Evolved responses to landscapes // The Adapted Mind, Evolutionary Psychology and the Generation of Culture / J.H. Barlow, L. Cosmides & J. Tooby, (Eds), Oxford University Press. 1992.

⁷ Wilson E. Biophilia. Harvard University Press, 1984.

⁸ Wilson E.O., Kellert S.R. The Biophilia Hypothesis. Shearwater Books. 1993. 484 p.

тельное созерцания ландшафта оказывается достаточным для снятия напряжения, выравнивания кровяного давления, расслабления мускулатуры и нормализации умственной и сердечной деятельности. В основе оздоровительного воздействия ландшафта лежит принцип его упорядоченности и способность восстановить утраченную физическую и психо-эмоциональную устойчивость [12]. Современная ландшафтная архитектура не опровергает наличие данного воздействия, а наоборот, рекомендует изначально закладывать формирование ландшафта с учетом принципов ландшафтного дизайна, медицины и психологии.

При проектировании современных оздоровительных ландшафтов необходимо закладывать наличие жесткого ландшафта, растительности, водных объектов и тропинок [7, 8]. Растения необходимо подбирать так, чтобы они круглый год обеспечивали зрительный интерес, следует применять не только травянистые и кустарниковые растения, но и древесные породы. Именно древесные растения позволяют оживить пейзаж игрой светотени и шумом листвы. Растения должны подбираться исходя из принципов безопасности при вдыхании ароматов и прикосновении к листве [10, 11].

Жесткий ландшафт как составляющую оздоровительного ландшафта рекомендуется проектировать в объеме не более одной третьей части с использованием естественных материалов. Наличие в ландшафте водоемов способствует расслаблению и медитации пользователей при наличии гладкой поверхности. Проектирование тропинок должно исходить из принципов содействия активизации двигательной активности, что достигается не только проектированием маршрута, но и применением соответствующих материалов [13, 14]. Большинство неспециализированных оздоровительных ландшафтов создаются мультисенсорными и способствуют активизации у пользователей всех органов чувств. Мультисенсорность оздоровительного ландшафта обеспечивается также наличием в саду журчащих водоемов, птиц, насекомых и мелких животных, которые также должны быть безопасны для пользователей [8, 15].

Оздоровительные ландшафты создаются для широкого пользования и функционально направлены:

- на получение опыта общения с природой;
- содействие социальному взаимодействию и физической активности пользователей;
- стимулирование системы чувств пользователей посредством взаимодействия с природой;
- улучшение физического и психического благополучия пользователей;
- повышение интереса к растениям и садоводству.

Основой цветотерапии является принцип колористического оздоровительного воздействия цвета растений: цвет листвы, цвет цветка, цвет ствола [10, 15, 16]. Принцип колористического оздоровительного воздействия цвета растений связан с применением в ландшафтной композиции растений с определенной доминирующей цветовой гаммой.

В рамках исследования был спроектирован оздоровительный ландшафт городской больницы № 3 города Севастополя.

Городская больница № 3 расположена на ул. Надеждинцев, 15, в Нахимовском районе города Севастополя, на южной стороне Севастопольской бухты (рис. 2). На севере участок граничит с проходящей действующей железной дорогой. На западе — улица Железнодорожная, частный сектор. С южной стороны проходит автомобильная дорога, расположены дома средней этажности. С востока расположен природный заказник «Ушакова балка». Вход на территорию больницы расположен со стороны ул. Надеждинцев. Физиотерапевтическое отделение расположено в восточной части территории с видом на природный заказник «Ушакова балка» и море. Рельеф территории имеет всхолмленный тип. Высота над уровнем моря составляет 40 метров. С востока в сторону Ушаковой Балки имеется крутой склон.

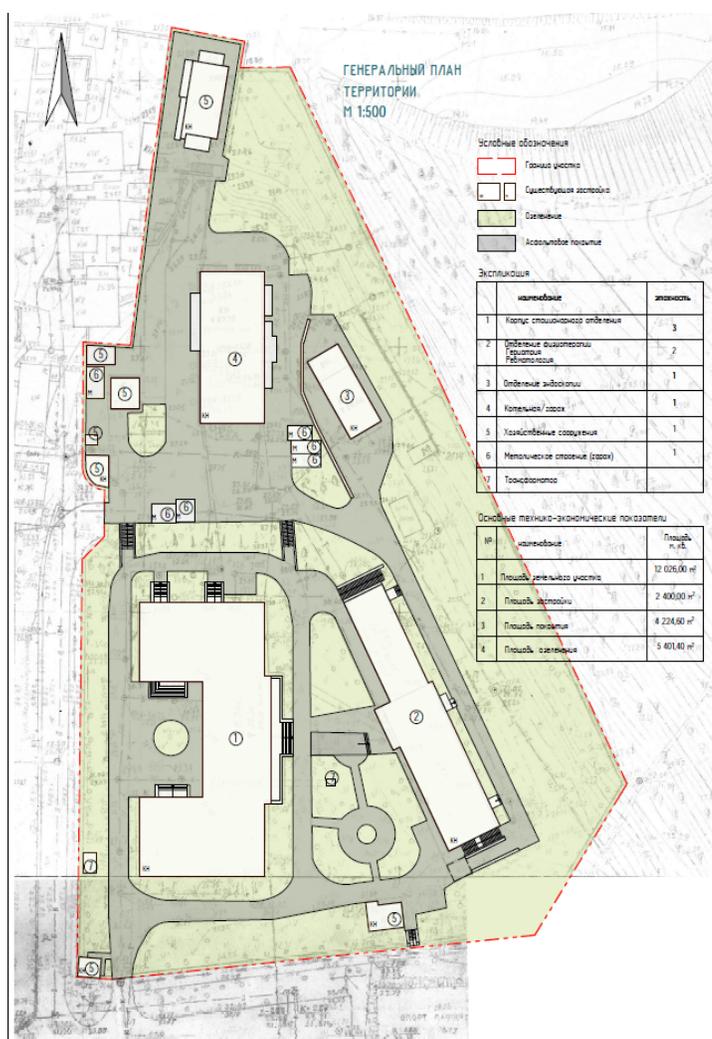


Рис. 2. Генплан больницы № 3. Существующее положение
Fig. 2. General plan of hospital № 3. Current situation

Результаты проведенных исследований показывают, что общая площадь территории больницы составляет 1,20 га; площадь озелененной территории — 0,5 га, что говорит нам о нарушениях норм озеленения. Установленные нормы предусматривают озеленение территории в объеме до 30 м² на одного пациента, включая дорожки и площадки⁹. На территории больницы находится 85 деревьев и 93 кустарника. Соотношение деревьев и кустарников, обеспечивающих экологический комфорт, не соответствует нормативам. При действующем нормативе 1:6 для территории больницы отмечено нарушение нормы посадки: дополнительно требуется высадить 417 кустарников. Для южной зоны норма посадки соответствует 330 деревьев на 1 га, соответственно на территории больницы дополнительно необходимо высадить 80 деревьев.

Около 34 % древесных насаждений занимает акация белая (*Robinia pseudoacacia*), 14 % — каштан конский (*Aesculus hippocastanum*), 8,3 % — вишня (*Prunus* subg. *Cerasus*), 8,2 % — софора японская (*Styphnolobium japonicum*), 7 % — ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), 3,5 % — альбиция ленкоранская (*Albizia julibrissin*), 2,3 % — миндаль обыкновенный (*Prunus dulcis*), по 1,1 % — эриоботрия японская (*Eriobotrya japonica*) и падуб остролистный (*Ilex aquifolium*).

Опорный дендроплан территории больницы приведен на рис. 3. Общее состояние насаждений в целом удовлетворительное. Множество деревьев и кустарников растут с нарушением норм озеленения, близко к зданиям и коммуникациям. Имеются засохшие деревья, которым требуется замена. В связи с этим необходимо провести рубки ухода, ландшафтные, санитарные рубки, а также рубки прореживания. На территории больницы в небольшом количестве разбиты цветники, которые представлены в основном розами. Состояние территории больницы требует реконструкции, включающей демонтаж металлических гаражей, реконструкцию лестниц, реконструкцию асфальтового покрытия, земляные работы по досыпке грунта, пересадка кустарников (рис. 4).

Отмечено слабо выраженное разнообразие многолетних и однолетних цветов и травянистых растений. В этой связи перед главным входом в больницу на свободной площади необходимо разбить лечебный розарий.

Оценка газона показала его неудовлетворительное состояние, на некоторых участках газон отсутствует (возможно, в силу особенностей почвенно-климатических условий). Рекомендуются замена газона путем посадки почвопокровных растений — барвинка малого (*Vinca minor*), плюща вьющегося (*Hedera helix*) или кизильника крошечного (*Cotoneaster perpusillus*). Эстетическое состояние древесно-кустарниковых насаждений характеризуется низким эстетическим уровнем оформления нижнего яруса ландшафтных композиций и ландшафтных групповых посадок цветочных культур и кустарников. Территорию терапевтического сада требуется обустроить малыми архитектурными формами.

⁹ Нормы посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений. Режим доступа: <https://gosthelp.ru/text/Нормыпосадкидеревьевикуста.html> Дата обращения 15.05.2021.

СанПиН 2.1.3.2630–10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. 04.03.2010. С. 3.



Рис. 3. Опорный дендроплан территории городской больницы № 3

Fig. 3. Supporting tree planting plan for the territory of the city hospital № 3



Рис. 4. Проект реконструкции территории городской больницы № 3

Fig. 4. Project for the reconstruction of the territory of the city hospital № 3

На рис. 5 представлено существующие функциональное зонирование территории больницы и зонирование территории в рамках проекта.

Для выделения зоны терапевтического сада предлагается использовать формованные изгороди из деревьев и кустарников, хорошо поддающихся стрижке и образующих плотную крону, обильное ветвление и облиствение. Изгороди выполняют защитную функцию: защищают от сквозняков, задерживают пыль, смягчают городской шум и концентрируют лечебный аромат. В качестве растений для формованных изгородей предлагается использовать хвойные растения, усиливающие терапевтический эффект. При использовании растений колонновидных форм формирующая стрижка боков растений не требуется. Высота изгороди может варьировать от 1,0 до 3,0 м в зависимости от зоны использования.

Факторами, ограничивающими проект терапевтического сада, стали:

- 1) малая территория городской больницы;
- 2) специализация городской больницы;
- 3) сохранение имеющихся на территории городской больницы деревьев;
- 4) соответствие стиля терапевтического сада стилю архитектуры зданий 1970-х гг.;
- 5) ограниченные расходы на проектирование и благоустройство территории городской больницы.



Рис. 5. Функциональное зонирование территории городской больницы № 3: а – существующее положение; б – проект

Fig. 5. Functional zoning for the territory of the city hospital № 3: а – the current situation; б – project

Наличие ограничивающих факторов определило выбор территории проектирования терапевтического сада и подбор ассортимента растений.

На рис. 6 и 7 приведен проект организации терапевтического сада на территории больницы и дендроплана терапевтического сада с указанием основных посадок растений. Предлагается максимально сохранить имеющееся зонирование территории и использовать для создания мини-садов (зеленых комнат) пространство, примыкающее к Ушаковой балке. Природоохранная значимость обследованной территории Ушаковой балки определяется наличием и степенью сохранности природного ландшафта, включая зональные типы растительности, уникальные фитоценозы, редкие виды, а также ценными природными сообществами и зелеными зонами. Такое расположение мини садов (зеленых комнат) позволит в последующем осуществить интеграцию терапевтического сада больницы в зеленый каркас (зеленую инфраструктуру) и в градоэкологический каркас системы городского озеленения города Севастополя.

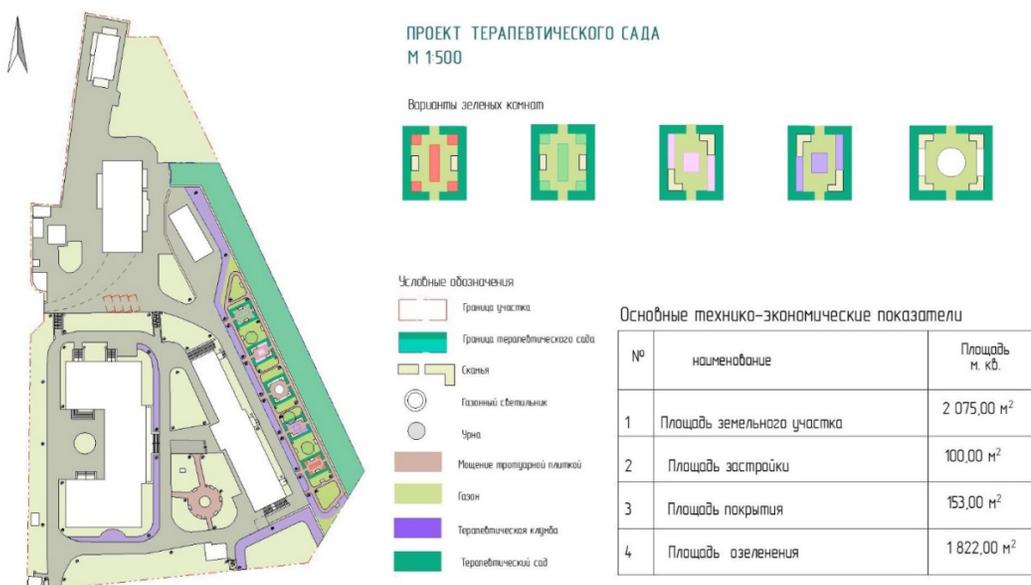


Рис. 6. Проект терапевтического сада
Fig. 6. Project for a therapeutic garden



Рис. 7. Проект дендроплана терапевтического сада (а) и тропинойной сети (б)
Fig. 7. Project of the tree planting plan (а) and the network of trailways (б) for the therapeutic garden

В рамках проекта разработаны цифровые модели (рис. 8) мини-садов (зеленых комнат), подобран ассортимент растений по хроматическому признаку и разработаны колористические матрицы всесезонности растений. Мини-сады (зеленые комнаты) имеют разную функциональную направленность, определяющуюся специализацией городской больницы № 3:

- 1) мини-сад (зеленая комната) для кардиологических пациентов;
- 2) мини-сад (зеленая комната) для пациентов с болезнями органов дыхания;
- 3) мини-сад (зеленая комната) для пациентов с нарушениями психики;
- 4) мини-сад (зеленая комната) для диабетических больных;
- 5) аромо-сад.

Подбор растений по хроматическому признаку подобран в соответствии с оказываемым терапевтическим воздействием цвета (табл.).

Таблица

Колористическое оздоровительное воздействия цвета растений

Цвет	Нарушения здоровья	Противопоказания
Красный	Пониженное артериальное давление; анемия; плохое кровообращение; простуда; насморк	Повышенное кровяное давление; кровотечения; вспыльчивость и склонность к агрессии
Оранжевый	Диабет; кожные заболевания; истощение нервной системы	Тяжелые заболевания желудка; бессонница
Желтый	Запор; диабет; кожные заболевания; истощение нервной системы	Тяжелые заболевания желудка; бессонница
Розовый	Надпочечник и почки; очищение крови от вредных веществ; слабительное действие; снижение агрессии; расслабление	—
Зеленый	Болезни сердца; бронхит и болезни легких; грипп; клаустрофобия	Необходимость быстро принимать решения
Голубой	Повышенное артериальное давление; лихорадка; ларингит; порезы; укусы насекомых; ПМС; фригидность; мигрени, вызванные стрессами; детские болезни: болезненное прорезывание зубов, корь, свинка; помощь в лечении глухоты, катаракты, кровотечений, бессонницы; является анестетиком; помогает при ангинах и ревматизмах	Склонность к сезонным депрессиям; эндокринные заболевания
Фиолетовый	Сотрясение мозга; эпилепсия; невралгия; рассеянный склероз	Тяжелые психические заболевания; алкоголизм
Белый	Психические состояния	—

Coloristic healing effects of plant color

Color	Health disorders	Contraindications
Red	Low blood pressure; anemia; poor circulation; cold; runny nose	High blood pressure; bleeding; hot temper; aggressiveness
Orange	Diabetes; skin diseases; exhaustion of the nervous system	Severe stomach diseases; insomnia
Yellow	Constipation; diabetes; skin diseases; exhaustion of the nervous system	Severe stomach diseases; insomnia
Pink	Adrenal; kidneys; helps to cleanse the blood of harmful substances; acts as a laxative; lowers aggression; relaxes	–
Green	Heart diseases; bronchitis; lung disease; flu; claustrophobia	The need to make a quick decision
Blue	High blood pressure; fever; laryngitis; cut; insect bites; burns; prementsrual syndrome; frigidity; stress-induced migraine; childhood diseases – painful teething, measles, piggy; helps treat deafness, cataracts, bleeding, insomnia; is an anesthetic; helps with tonsillitis, rheumatism	Tendency to seasonal depression; endocrine diseases
Purple	Concussion; epilepsy; neurology; multiple sclerosis	Severe mental illness; alcoholism
White	Mental states	–

Матрица для розовых (маджента) композиций представлена розарием, дербенником, седумом видным, просо шенандон, луком круглоголовым, вейником бриллиантовым, душицей обыкновенной, вереском розово-серебристым, посконником цветнистым (рис. 9).

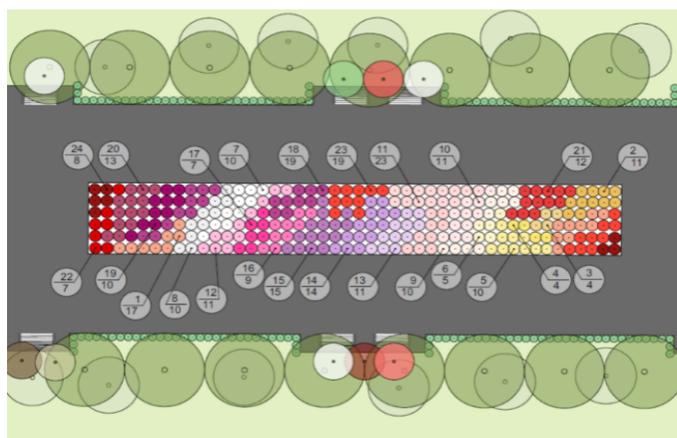


Рис. 9. Пример клумбы из шрабовых роз на основе колористического подхода (дендрологическая матрица)

Fig. 9. The dendrological matrix of a flowerbed of scrub roses based on a coloristic approach

В северной части территории городской больницы предложено создание дождевого сада, для которого в рамках проекта разработан профиль.

В непосредственной близости от территории больницы расположена заброшенная спортивная площадка, на которой рекомендуется организовать парковку с сохранением имеющихся посадок деревьев.

Заключение

Под влиянием процессов глобализации и распространения Covid-19 города особенно нуждаются в корректировке экологических и экономических целей развития, укреплении социальных связей членов городского сообщества, планомерном градостроительном развитии, создании комфортной городской среды в условиях достаточно плотной застройки. Важно учитывать природную компоненту в развитии города таким образом, чтобы поддерживать, а не замедлять урбанизацию, и при этом формировать комфортную и здоровую городскую среду. Интеграция оздоровительных ландшафтов в зеленую инфраструктуру города является логичным продолжением общемировой тенденции формирования интегрированной, социально-ориентированной и экологически устойчивой системы озеленения города.

В современных условиях рефункционализации системы озеленения города создание комфортной многофункциональной внутренней структуры зеленого каркаса города возможно в условиях полной или частичной интеграции терапевтически оздоровительных ландшафтов. Территории большинства городских больниц являются закрытыми градостроительными объектами с огороженными территориями, которые относятся к категории объектов озеленения ограниченного пользования. С целью интеграции объектов здравоохранения в зеленую инфраструктуру города и внутригородскую систему озеленения должны внедряться новые структурные элементы озеленения объектов ограниченного использования: озеленение входных зон, карманные и линейные терапевтические сады, расположенные как на территории объектов здравоохранения, так и на прилегающих к объектам здравоохранения территориях (находящиеся в структуре пешеходных зон улиц), — общественные пространства для отдыха пациентов, их родственников и посетителей.

Для реализации задач формирования комфортной городской среды создание оздоровительных ландшафтов на различных территориальных уровнях (включения терапевтических ландшафтов в систему природных ландшафтов, общественных пространств, объектов здравоохранения и др.) требует системного и профессионального подхода к формированию интегрированной многоступенчатой зеленой инфраструктуры города, в которой терапевтические ландшафты должны иметь приоритетное положение.

Потенциал территорий объектов здравоохранения позволит создать новые структурные элементы озеленения ограниченного пользования — озеленение входных зон объектов здравоохранения, которые находятся в структуре пешеходных зон улиц. Это общественные пространства для отдыха пациентов, их родственников и посетителей. Таким образом, произойдет их интеграция в зеленый каркас города.

Библиографический список

1. Гончарик А.А. Роль ландшафтно-градостроительной организации рекреационных зон в структуре региона, зеленых насаждений в городах московской области с учетом природно-ландшафтных факторов // *Комфортная среда — здоровая среда. Создание терапевтических садов в структуре города: материалы Междунар. науч.-практич. конф.* 26–27 ноября 2020 г. Севастополь: СевГУ, 2021. С. 57—62.
2. *Beatley T. Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Island Press, Washington. 2010. Kindle Edition. P. 1630—2415.
3. *Bengtsson A., Carlsson G. Outdoor environments at three nursing homes: Focus group interviews with staff // Journal of Housing for the Elderly*. 2006. № 19(3—4). Pp. 49–69. doi: 10.1300/J081v19n03_04
4. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 206 с.
5. *Варданыан К. Основы озеленения лечебных учреждений*. LAP, LAMBERT Academic Publishing, 2016. 188 с.
6. *Marcus C.C., Sachs N.A. Therapeutic Landscapes: An Evidence-Based Approach to Designing Healing Gardens and Restorative Outdoor Spaces*. New Jersey: John Wiley and Sons, 2013.
7. Красильникова Э.Э., Кусов И.С., Журавлева Т.А., Гончарик А.А. Интеграция терапевтических ландшафтов в зеленую инфраструктуру города // *Комфортная среда — здоровая среда. Создание терапевтических садов в структуре города: материалы Междунар. науч.-практ.Конф.* 26–27 ноября 2020 г. Севастополь: СевГУ, 2021. С. 12—18.
8. Журавлева И.В., Югай Я.Е. Терапевтические сады: специфика и основные требования к проектированию // Научно-практическая конференция «Комфортная среда — здоровая среда. Создание терапевтических садов в структуре города»: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 26–27 ноября 2020 г. Севастополь: СевГУ. 2021. С. 182—189.
9. *Kellert S.R., Heerwagen J., Mador M. Biophilic Design*. New Jersey: Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2013. 432 p.
10. Design guidelines for Therapeutic gardens in Singapore // National Parks Board / By editions Prof. Kua Ee Heok. NParks' Publication, Singapore. 2017. 110 p.
11. *Connell B., Jones M., Mace R., Mueller J., Mullick A., Ostroff E., Sanford J., Steinfeld E., Story M., Vanderheiden G. The Principles of Universal Design*. Center for Universal Design, NC State University, 1997.
12. *Mitchell L., Burton E., Raman S., Blackman T., Jenks M., Williams K. Making the outside world dementia-friendly: Design issues and considerations // Environment and Planning B: Planning and Design*. 2003. Vol. 30. № 4. Pp. 605—632. doi: 10.1068/b29100
13. *Souter-Brown G. Landscape and Urban Design for Health and Well-Being*. Routledge, Taylor and Francis. NY, 2015. 340 p. doi: 10.4324/9781315762944
14. *Ulrich R. How design impacts wellness // Healthcare Forum Journal*. 1992. Vol. 20. Pp. 20—25.
15. Красильникова Э.Э. Ландшафтный урбанизм. Теория-Практика: научная монография. Волгоград: ООО «ИАА «Областные вести», 2015. С. 122.
16. *Ulrich R. Effects of gardens on health outcomes: Theory and research // Healing Gardens / C.C. Marcus & M. Barnes (Eds.)*. 1999. Pp. 27—86. New York: Wiley.

References

1. Goncharik AA. The role of landscape and urban planning organization of recreational zones in the structure of the region, green spaces in the cities of the Moscow region taking into account natural landscape factors. In: *Comfortable environment — healthy environment. Development of therapeutic gardens in the structure of the city: conference proceedings*. Sevastopol: SevGU publ.; 2021. p.57—62.
2. *Beatley T. Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Washington: Island Press; 2010.
3. *Bengtsson A, Carlsson G. Outdoor environments at three nursing homes. Journal of Housing for the Elderly*. 2006; 19(3–4):49—69. doi: 10.1300/J081v19n03_04
4. *Bukharina IL, Zhuravleva AN, Bolshova OG. Gorodskie nasazhdeniya: ekologicheskii aspect* [Urban plantings: ecological aspect]. Izhevsk: Udmurt University publ.; 2012.
5. *Vardanyan K. Osnovy ozeleneniya lechebnykh uchrezhdenii* [Fundamentals of landscaping medical institutions]. LAMBERT Academic Publishing; 2016.
6. *Marcus CC, Sachs NA. Therapeutic Landscapes: An Evidence-Based Approach to Designing Healing Gardens and Restorative Outdoor Spaces*. New Jersey: John Wiley and Sons; 2013.

7. Krasilnikova EE, Kusov IS, Zhuravleva TA, Goncharik AA. Integration of therapeutic landscapes into green infrastructure of the city. In: *Comfortable environment — healthy environment. Development of therapeutic gardens in the structure of the city: conference proceedings*. Sevastopol: SevGU publ.; 2021. p.12—18.
8. Zhuravleva IV, Yugay YE. Therapeutic gardens: specificity and basic design requirements. In: *Comfortable environment — healthy environment. Development of therapeutic gardens in the structure of the city: conference proceedings*. Sevastopol: SevGU publ.; 2021. p.182—189.
9. Kellert SR, Heerwagen JH, Mador ML. (eds.) *Biophilic Design; the theory, science and practice of bringing buildings to life*. New Jersey: John Wiley and Sons; 2013.
10. Hoek KE, Diehl ERM. (eds.) *Design guidelines for Therapeutic gardens in Singapore*. Singapore: NParks' Publication; 2017.
11. Connell BR, Jones M, Mace RL, Mueller J, Mullick A, Ostroff E, Sanford J, Steinfeld E, Story M, Vanderheiden G. *The principles of universal design*. Center for Universal Design, NC State University; 1997.
12. Mitchell L, Burton E, Raman S, Blackman T, Jenks M, Williams K. Making the outside world dementia-friendly: design issues and considerations. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2003; 30(4):605—632. doi: 10.1068/b29100
13. Souter-Brown G. *Landscape and Urban Design for Health and Well-Being*. London: Routledge; 2014. doi: 10.4324/9781315762944
14. Ulrich RS. How design impacts wellness. *Healthcare Forum Journal*. 1992; 35(5):20—25.
15. Krasilnikova EE. *Landshaftnyi urbanizm. Teoriya-Praktika* [Landscape urbanism. Theory-Practice]. Volgograd: Oblastnye vesti publ.; 2015.
16. Ulrich R. Effects of gardens on health outcomes: Theory and research. In: Marcus CC, Barnes M. (eds.) *Healing Gardens*. New York: Wiley; 1999. p.27—86.

Об авторах:

Красильникова Элина Эдуардовна — кандидат архитектуры, PhD, профессор, заведующий кафедрой архитектуры и дизайна, Севастопольский государственный университет; 299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33; e-mail: landurbanizm@gmail.com
ORCID 0000-0002-9845-5374, SPIN 3869-2827

Журавлева Инна Валерьевна — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры архитектуры и дизайна, Севастопольский государственный университет; 299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33; e-mail: zhuravleva_inna@list.ru
ORCID 0000-0002-6972-706X, SPIN 1034-1031

Заика Инна Алексеевна — ассистент кафедры архитектуры и дизайна, Севастопольский государственный университет; 299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33; e-mail: zaika_inna@list.ru

About authors:

Krasilnikova Elina Eduardovna — PhD in Architecture, Professor, Head of the Department of Architecture and Design, Sevastopol State University; 33 Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, Russian Federation; e-mail: landurbanizm@gmail.com, EEKrasilnikova@sevsu.ru
ORCID 0000-0002-9845-5374, SPIN 3869-2827

Zhuravleva Inna Valerievna — Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher, Associate Professor, Department of Architecture and Design, Sevastopol State University; 33 Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, Russian Federation; e-mail: zhuravleva_inna@list.ru, IVZhuravleva@sevsu.ru
ORCID 0000-0002-6972-706X, SPIN 1034-1031

Zaika Inna Alekseevna — Assistant, Department of Architecture and Design, Sevastopol State University; 33 Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, Russian Federation; e-mail: zaika_inna@list.ru



Защитное лесоразведение Protective afforestation

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-255-263

УДК 631.4; 631.5

Научная статья / Research article

Приживаемость дуба черешчатого в лесной экосистеме Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области

А.А. Баканева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
Астраханская область, Российская Федерация
solnce5508@mail.ru

Аннотация. Леса являются необходимым природным ресурсом и выполняют множество функций в экосистеме. Многочисленными российскими и зарубежными исследованиями была подтверждена важнейшая роль лесов в сохранении экологического баланса окружающей среды. Для обеспечения уникальности региона Астраханской области необходимо восстановление лесов на Нижней Волге, которые оказывают влияние на гидрологический режим, защищают почву от деградации, ветровой и водной эрозии, сохраняют рекреационный потенциал территории и обеспечивают местное население стабильным сельхозпроизводством. Весной и осенью 2019 г. сотрудниками Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук на участках, расположенных в правобережной части Волго-Ахтубинской поймы на 3,5...5,5 км южнее села Соленое Займище, были высажены 120 сеянцев дуба черешчатого (60 — весной и 60 — осенью). На конец октября 2020 г. осталось 64 (53 %) из общего количества высаженных растений. Наилучшая приживаемость (100 %) была отмечена у однолетних сеянцев, которые высадили весной на участке с затенением. Наибольший отход (20 %) был у двухлетних сеянцев, высаженных осенью в местах без затенения.

Ключевые слова: дуб черешчатый, Волго-Ахтубинская пойма, деградация, лес, посадки, плодородие, приживаемость, сеянцы

© Баканева А.А., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0
International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

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

История статьи: Поступила в редакцию 6 мая 2021 г. Принята к публикации 20 июля 2021 г.

Для цитирования:

Баканева А.А. Приживаемость дуба черешчатого в лесной экосистеме Волго-Ахтубинской пойме севера Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С. 255—263. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-255-263

Common oak survival in the forest ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain in the north of Astrakhan region

Anna A. Bakaneva 

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

Abstract. Forests in our natural environment play an important role. They are a necessary natural resource and perform many functions in the forest ecosystem. As in our country, as well as abroad, due to numerous studies, the enormous role of forests in preserving the ecological balance of the environment has been confirmed. To ensure the uniqueness of the Astrakhan region, it is necessary to restore Lower Volga forests, which in turn perform significant functions, namely: influence on hydrological regime, protect soil from degradation, wind and water erosion, preserve recreational potential of the territory and provide local population with stable agricultural production. In spring and fall of 2019, employees of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences planted 120 seedlings of common oak (60 plants in spring and 60 plants in autumn) in the areas located in the right bank of the Volga-Akhtuba floodplain to the south of Solenoye Zaimishche village. At the end of October 2020, 64 seedlings (53 %) of common oak survived. The best (100 %) survival rate was noted in annual seedlings, which were planted in spring at the site with shading. The greatest plant death (20 %) was in two-year-old seedlings planted in fall at sites with no shading.

Keywords: common oak, Volga-Akhtuba floodplain, degradation, forest, planting, fertility, survival rate, seedlings

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

Article history: Received: 6 May 2021. Accepted: 20 July 2021

For citation:

Bakaneva AA. Common oak survival in the forest ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain in the north of Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):255—263. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-255-263

Введение

Астраханская область находится в природной зоне полупустыни [1]. Леса на участке Волго-Ахтубинской поймы формируют свои насаждения вдоль водот-

оков реки Волги [2, 3]. Состав лесов имеет небольшое разнообразие и представлен в основном ветлой, вязом, грушей, кленом, ясенем, тополем, лохом, и редко встречается дуб [4, 5]. Именно поэтому нами был выбран дуб черешчатый для увеличения видового разнообразия пойменных лесов. Дубравы в нашей стране занимают почти 10 млн га площади. Дуб — одна из ценных пород [6, 7]. Самым распространенным является дуб черешчатый (*Quercus robur*) [8, 9], который растет на разных почвенных субстратах, защищая почву от эрозии [10]. Ценен дуб не только своими высокими техническими качествами [11], также его широко используют в медицине. Дубравы являются удивительным компонентом агроландшафта [12—14], единственный недостаток дуба — медленный рост.

Сотрудники ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН») провели мониторинг лесов Астраханской области. Результаты мониторинга восстановительных работ лесхоза показал, что в настоящее время эти работы проводятся с использованием одного вида деревьев (тополь черный), имеющего небольшой процент приживаемости (31 %), хрупкую древесину (сильно обламывается от ветра) и срок жизни 20...40 лет. В проектах рекультивации деградированных участков пойменных лесов отмечено, что условия местопроизрастания соответствуют этой культивируемой породе. Однако проведенные нами исследования почвы всех участков природных дубрав и старых производственных посадок дубов показывают, что не только возможно, но и необходимо восстанавливать пойменные леса Астраханской области дубом черешчатым, долгоживущим с крепкой древесиной, мощной и раскидистой кроной. Было выявлено, что посадки дуба черешчатого благотворно влияют на почвенное плодородие, в т.ч. увеличивают гумус до 5—6 % [15].

Цель исследования — изучение приживаемости сеянцев дуба черешчатого в почвенно-климатических условиях Волго-Ахтубинской поймы севера Астраханской области для восстановления и увеличения биоразнообразия лесных фитоценозов.

Материалы и методы исследования

Весной и осенью 2019 г. сотрудники ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» высадили 120 сеянцев дуба черешчатого (60 шт. весной и 60 шт. осенью). Посадка проводилась на участках, которые расположены в правобережной части Волго-Ахтубинской поймы на 3,5...5,5 км южнее с. Соленое Займище Астраханской области. Посадочный материал выращивали на опытном участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Почвы опытного участка содержат: органического вещества (гумуса) — 1,51 %, азота щелочно-гидролизуемого — 28 мг/кг, фосфора подвижного — 65 мг/кг, калия подвижного — 777 мг/кг. Сеянцы отбирали здоровые, без повреждений [8].

Для высадки в пойму брали однолетние и двухлетние сеянцы дуба черешчатого. Опыт трехфакторный. Фактор А — срок посадки: весна, осень 2019 г. Фактор В — возраст сеянцев: 1 год, 2 года. Фактор С — световые условия: затенение (под покровом деревьев), без затенения (участки на открытой местности). Схема опыта приведена в табл. 1.

Таблица 1

Схема опыта посадок дуба черешчатого сеянцами

Варианты опыта			Количество, шт.
Срок посадки	Возраст сеянцев	Световые условия	
Весна	1 год	Затенение	15
		Без затенения	15
	2 года	Затенение	15
		Без затенения	15
Осень	1 год	Затенение	15
		Без затенения	15
	2 года	Затенение	15
		Без затенения	15

Table 1

Experimental design for common oak planting

Variants			Seedlings
Planting time	Age of seedlings	Light conditions	
Spring	1 year	Shading	15
		No shading	15
	2 years	Shading	15
		No shading	15
Fall	1 year	Shading	15
		No shading	15
	2 years	Shading	15
		No shading	15

Результаты исследования и обсуждение

На первом этапе проведен химический анализ почвы опытных участков в лесной экосистеме Волго-Ахтубинской поймы села Соленого Займища и природного произрастания дуба черешчатого в селе Вязовка. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты агрохимического анализа почв опытных участков и природного произрастания дуба черешчатого, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019 г.

Показатели	Единица измерения	Результат анализа		
		Природное произрастание с. Вязовка	Опытные участки с. Соленое Займище	
			Без затенения	С затенением
рН водный	Ед. рН	7,1	8,0	7,7
Органическое вещество (гумус)	%	4,03	2,70	2,80
Азот щелочно-гидролизуемый	мг/кг	182	68	70
Фосфор подвижный	мг/кг	> 250	69	73
Калий подвижный	мг/кг	879	615	621

Table 2

Results of agrochemical soil analyses, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS, 2019

Indices	Unit	Analysis results		
		Natural habitat, Vyazovka	Experimental plots, Solenoe Zaimishche	
			No shading	Shading
pH aqueous	pH unit	7.1	8.0	7.7
Organic substance (humus)	%	4.03	2.70	2.80
Alkaline hydrolyzable nitrogen	mg/kg	182	68	70
Mobile phosphorus	mg/kg	> 250	69	73
Mobile potassium	mg/kg	879	615	621

По результатам анализа и данным группировок почв по обеспеченности анализируемых показателей было выявлено, что почва участков не идентична. В селе Вязовка содержание гумуса высокое; азота щелочно-гидролизующего — повышенное; фосфора подвижного — высокое; калия подвижного — высокое.

На участках с. Солёное Займище содержание гумуса высокое; азота щелочно-гидролизующего — очень низкое на всех участках; фосфора подвижного и калия подвижного — повышенное. Таким образом, если сравнить почву участков естественного произрастания дуба черешчатого (село Вязовка) и участков села Солёное Займище, выбранных для посадки саженцев дуба черешчатого, можно сделать вывод, что почва последних является менее плодородной. Почва участков села Вязовка имеет высокие показатели плодородия.

При исследовании приживаемости лесных культур дуба черешчатого в первый год после посадки (октябрь 2019 г.) выявлено, что за летний период выжило 65 % (39 шт.), погибло 35 % сеянцев (табл. 3).

Таблица 3

Результаты весенних посадок сеянцев дуба черешчатого, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019 г.

Срок посадки	Возраст сеянцев	Световые условия	Количество сеянцев при посадке, шт.	Приживаемость	
				шт.	%
Весна	1 год	Затенение	15	15	100
		Без затенения	15	11	70
	2 года	Затенение	15	9	60
		Без затенения	15	4	27

Table 3

Results of common oak spring planting, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS, 2019

Planting time	Age of seedlings	Light conditions	Number of seedlings	Survival rate	
				plants	%
Spring	1 year	Shading	15	15	100
		No shading	15	11	70
	2 years	Shading	15	9	60
		No shading	15	4	27

Анализируя состояние весенних посадок, отметили, что лучше прижились сеянцы на участках с затенением: однолетние — 100 %, двухлетние — 60 %. На участках без затенения приживаемость составила: однолетними сеянцами — 70 %, двухлетними — 27 %.

В табл. 4 приведены данные по приживаемости сеянцев дуба черешчатого весеннего и осеннего сроков посадки. Исследования проводились в октябре 2020 г.

Таблица 4

Результаты приживаемости сеянцев дуба черешчатого, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020 г.

Срок посадки	Возраст сеянцев	Световые условия	Количество сеянцев, шт.		Приживаемость, %
			посаженных	на октябрь 2020 г.	
Весна	1 год	Затенение	15	15	100
		Без затенения	15	11	70
	2 года	Затенение	15	9	60
		Без затенения	15	4	27
Осень	1 год	Затенение	15	10	66
		Без затенения	15	6	40
	2 года	Затенение	15	6	40
		Без затенения	15	3	20

Table 4

Survival of common oak seedlings, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS, 2020

Planting time	Age of seedlings	Light conditions	Number of seedlings		Survival rate, %
			planted	in October 2020	
Spring	1 year	Shading	15	15	100
		No shading	15	11	70
	2 years	Shading	15	9	60
		No shading	15	4	27
Fall	1 year	Shading	15	10	66
		No shading	15	6	40
	2 years	Shading	15	6	40
		No shading	15	3	20

Осенние посадки однолетними сеянцами показали меньшую приживаемость в сравнении с весенними посадками на 32 %, а с двухлетними — на 57 %.

На конец вегетационного периода 2020 г. из 120 сеянцев осталось 64, что составило 53 % от всего посадочного материала.

Заключение

По результатам проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

— почва лесных участков с произрастанием дуба черешчатого отличается от других лесных участков более высокими показателями плодородия, а именно: гумуса больше на 2 %, азота — на 138 мг/кг, фосфора подвижного — на 183 мг/кг, калия подвижного — на 462 мг/кг;

— приживаемость однолетних сеянцев дуба черешчатого лучше, чем двухлетних, на 34 %;

— приживаемость весенних посадок лучше осенних на 23 %;

— приживаемость однолетних сеянцев, посаженных весной, лучше однолетних сеянцев, посаженных осенью, на 34 %;

— приживаемость сеянцев, посаженных в затененных местах, лучше, чем у высаженных на открытом пространстве, на 27 %;

— наименьшая приживаемость была отмечена у двухлетних сеянцев, высаженных осенью в местах без затенения, — 20 %.

Таким образом, для улучшения почвенного плодородия лесной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы необходимо:

— увеличить видовое разнообразие дубом черешчатым;

— высаживать однолетние сеянцы дуба черешчатого в весенний период в местах с затенением.

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. Михин В.И., Михина Е.А. Формирование защитных насаждений из дуба черешчатого в центральном Черноземье России // Лесотехнический журнал. 2018. № 4. С. 109—117. doi: 10.12737/article_5c1a321965cf38.69751554

7. Зволинский В.П., Заплавнов Д.М., Кищенко А.А. Влияние экологических факторов на состояние лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3. С. 14–19.
8. 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
9. 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.
10. 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: 05.07.2021.
11. Baranov S.G. Use of morphoJ soft package for phenotypic and genotypic variety testing (English oak case study) // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2018. Т. 8. № 1. С. 22–30. doi:10.1134/S2079059718010021
12. Юфеев В.Г., Таранов Н.Н. Ретроспективный анализ деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы // Известия НВ АУК. 2016. № 3 (43). С. 66–72.
13. Семенщеников 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
14. Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121–137. doi: 10.19047/0136–169–2017–88–121–137
15. Macdonald S.E., Landhäusser S.M., Skousen J. et al. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions // New Forests. 2015. № 46. P. 703–732. doi: 10.1007/s11056–015–9506–4

References

1. Kutlururina GV, Tokareva AA Soil-hydrological characteristics of Astrakhan region for justification of land reclamation zoning. *Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Improvement Problems*. 2016; (2):128–147. (In Russ.).
2. Rybashlykova LP, Konev SV. Ecological-geochemical state 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. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017; (1):175–181. (In Russ.).
4. Glushko SG, Manyukova IG, Prokhorenko NB. Restoration of oak forests of the Middle Volga region. *Vestnik of Omsk SAU*. 2017; (3):56–61. (In Russ.).
5. Manaenkov AS. Formation of steppe and protective afforestation: theoretical and applied aspects in the contemporary context. *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. Mikhin VI, Mikhina EA. Formation of English oak protective plants in the Central Chernozem region of Russia. *Forestry Engineering Journal*. 2018; (4):109–117. (In Russ.). doi: 10.12737/issue_5c1a321965cf38.69751554
7. Zvolinsky VP, Zaplavnov DM, Kishchenko AA, Koshelev AV. Influence of environmental factors on the state of forest plantations of the Volga-Akhtubinskaya floodplain of the Astrakhan region. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2013; (3):14–19. (In Russ.).
8. 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
9. 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.).

10. Adams J, Gaddis DA, Beliech D. *Growing Your Own Oak Seedlings*. Available from: <http://msucares.com/pubs/publications/p2421.pdf> [Accessed 5th July 2021].

11. Baranov SG. Use of MorphoJ soft package for phenotypic and genotypic variety testing (English oak case study). *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2018; 8(1):22–30. doi:10.1134/S2079059718010021

12. Yuferev VG, Taranov NN. Retrospective analysis of Volga-Akhtuba floodplain forests degradation. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2016; (3):66–72. (In Russ.).

13. Semenischenkov 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

14. Erusalimsky 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

15. Macdonald SE, Landhäuser SM, Skousen J, Franklin J, Frouz J, Hall S, et al. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015; 46(5–6):703–732. doi: 10.1007/s11056–015–9506–4

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 7306–1060

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-264-274
УДК 630:504.05/.06:662.613.1(571.55)

Научная статья / Research article

Результаты приживаемости лесных полос в районе золошлакоотвала ТЭЦ-1 в г. Чита

Е.А. Банщикова  , Т.В. Желибо , В.П. Макаров , В.С. ЛаринИнститут природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Чита, Российская Федерация
 kait1986@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты продолжающихся в 2020 г. исследований по созданию лесных защитных полос на территории санитарно-защитной зоны интенсивного влияния золошлакоотвала Читинской ТЭЦ-1 ПАО «ТГК-14». Ранее (2017—2019 гг.) на старой залежи были произведены посадки, ориентированные на снижение загрязнения атмосферы, улучшение свойств почвы, регулирование поверхностного стока, препятствующего эрозии, закрепление напочвенного покрова, уменьшение скорости ветра и удержание мелких твердых частиц. Цель работы: анализ изучения оценки приживаемости и жизненного состояния древесных и кустарниковых видов растений в защитных лесных полосах, получение линейных показателей роста и развития растений на экспериментальных участках. Установлено, что общая приживаемость растений на экспериментальных участках по годам различалась. Приживаемость древесных и кустарниковых видов растений также имела отличия. Лучшей приживаемостью в условиях района проведения эксперимента характеризуются породы *Larix gmelinii*, *Betula pendula*, *Hippophae rhamnoides*, *Crataegus sanguinea*, *Caragana spinosa* и *Elaeagnus commutata*. Приживаемость кустарников оказалась в целом лучше, чем деревьев. Хорошей приживаемостью в посадках 2017 и 2018 гг. среди кустарниковых пород отличились *Caragana spinosa* (92 и 81 %) и *Elaeagnus commutata* (95 и 86 % соответственно). Слабой приживаемостью характеризуются *Rosa acicularis* (20 %), *Spiraea media* и *Sorbaria sorbifolia* (28 %), используемые в посадках 2019 г. Оценка приживаемости растений значительно варьирует в зависимости от времени года посадки, видов саженцев и технологии посадки. Эффективность приживаемости растений на лесозащитных полосах возрастает с использованием посадочного материала (дичков) с большим земляным комом. Неблагоприятными факторами, оказывающими негативную нагрузку на высаженные растения, являются техногенные ландшафты, вредные атмосферные примеси от золошлакоотвала. Кроме того, косвенное воздействие оказывают конкурентные отношения с травянистыми растениями, интенсивный выпас животных, повреждения насекомыми и возникновение заболеваний, вызванных фитопатогенными вредителями. Для сохранности и успешного роста растений в посадках необходимы работы по уходу за насаждениями, а также организационные мероприятия (ограждение экспериментальных площадок сигнальными лентами). Важно продолжать наблюдения и повторять посадку однократно высаженных видов растений для уточнения адаптационной способности использования в защитных насаждениях, совершенствовать технологию создания насаждений.

Ключевые слова: золошлакоотвал, лесозащитная полоса, озеро Кенон, оценка приживаемости, Читинская ТЭЦ-1

© Банщикова Е.А., Желибо Т.В., Макаров В.П., Ларин В.С., 2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0
International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

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

Финансирование. Благодарности. Исследование выполнено в рамках Государственного задания Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук.

История статьи:

Поступила в редакцию 2 июня 2021 г. Принята к публикации 2 августа 2021 г.

Для цитирования:

Банщикова Е.А., Желибо Т.В., Макаров В.П., Ларин В.С. Результаты приживаемости лесных полос в районе золошлакоотвала ТЭЦ-1 в г. Чита // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С.264—274. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-264-274

Survival of forest strips in ash and slag dump territory of Chita combined heat and power plant

Ekaterina A. Banshchikova  , Tatiana V. Zhelibo ,
Vladimir P. Makarov , Vyacheslav S. Larin

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russian Federation
 kait1986@mail.ru

Abstract. This article is a continuation of research on creation of forest protective strips on the territory of sanitary protection zone with intensive influence of ash and slag dump of the Chita CHPP-1 (TGC-14). Earlier (2017—2019), plantings were made focused on reducing atmospheric pollution, improving soil properties, regulating surface runoff that prevents erosion, fixing ground cover, reducing wind speed and retaining small solid particles. The aim of the research was to analyze survival rate and health of woody and shrubby plant species in protective forest strips; to obtain linear indicators of plant growth and development in experimental plots. In the course of the research, it was found that the overall survival of plants in the experimental plots differed by year. Survival rate of woody and shrubby plant species also differed. *Larix gmelinii*, *Betula pendula*, *Hippophae rhamnoides*, *Crataegus sanguinea*, *Caragana spinosa* and *Elaeagnus commutata* had the highest survival rate in the experiment. The survival of shrubs was generally better than that of trees. Among shrub species, *Caragana spinosa* (92 and 81 %) and *Elaeagnus commutata* (95 and 86 %) were characterized by good survival in plantings in 2017 and 2018, respectively. *Rosa acicularis* (20 %), *Spiraea media* and *Sorbaria sorbifolia* (28 %) showed low survival in 2019. The plant survival varies significantly depending on the planting season, types of seedlings and planting technology. The use of planting material (wildfowl) with a large earthen lump increases plant survival in forest protection strips. Unfavorable factors that have a negative impact on the transplanted plants are man-made landscapes, harmful atmospheric impurities from the ash and slag dump. Moreover, competitive relations with herbaceous plants, intensive grazing of animals, insect and disease damage have an additional impact. For healthy growth of plants, it is necessary to perform care for plantings, and organizational measures (fencing of experimental plots with signal tapes). It is important to continue observations and repeat plantings to clarify the adaptive ability of plant species grown in protective plantings, improve planting technology.

Keywords: ash and slag dump, protective forest strip, Kenon lake, survival rate assessment, Chita CHPP-1

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

Acknowledgments. The research was carried out within the state assignment of Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Article history:

Received: 2 June 2021. Accepted: 2 August 2021.

For citation:

Banshchikova EA, Zhelibo TV, Makarov VP, Larin VS. Survival of forest strips in ash and slag dump territory of Chita combined heat and power plant. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3):264—274. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-264-274

Введение

Лесные защитные насаждения создаются на различных территориях для улучшения гидрологических и климатических условий местности, окружающей среды и рационального природопользования, ослабления процессов дефляции почв и опустынивания в степных районах, снижения скорости ветра [1—5]. Вблизи города Чита расположено озеро Кенон, на берегу которого находится Читинская ТЭЦ-1 ПАО «Территориальной генерирующей компании — 14» (ТГК-14). В 3 км к северо-западу от озера в естественной котловине одной из падей расположен золошлакоотвал (ЗШО) Читинской ТЭЦ-1 [6], по гипсометрическим отметкам находящийся выше промплощадки ТЭЦ-1. Особенности месторасположения чаши гидрозолоудаления (ГЗУ) ТЭЦ-1 негативно сказывается на качестве окружающей среды [7—9]. К настоящему времени накопленные отходы объемом около 13000 тыс. т занимают 226 га, оказывая негативное воздействие на окружающую среду [10].

В связи с этим возникла необходимость создания лесозащитных полос. В 2017—2019 гг. в санитарно-защитной зоне интенсивного влияния Читинской ТЭЦ-1 проведен эксперимент по изучению ассортимента древесных растений, ориентированный на решение таких задач, как:

- снижение загрязнения атмосферы парниковыми газами;
- улучшение физико-химических свойств почвы;
- регулирование поверхностного стока, препятствующего ветровой и водной эрозии;
- закрепление поверхностного слоя почвы;
- снижение скорости ветра и удержание мелких твердых частиц органического или минерального происхождения [11].

Экспериментальные площадки (лесополосы) расположены поперек склона, перпендикулярно господствующим северо-западным ветрам за пределами действующей сухой чаши ЗШО ТЭЦ-1, на расстоянии 50 м друг от друга на старой залежи в остепненно-луговом сообществе.

Цель исследования — провести оценку приживаемости и жизненного состояния древесных растений в насаждениях, получить линейные показатели их роста и развития на экспериментальных участках, созданных в санитарно-защитной зоне интенсивного влияния Читинской ТЭЦ-1 ПАО «ТГК-14».

Материалы и методы исследований

С 2017 по 2019 г. созданы три лесополосы площадью 2000 м² (100×20 м), состоящие из 7 рядов каждая. Схема размещения растений в лесополосах: расстояние между рядами 3—4 м, в ряду шаг посадки 1,5—2 м в зависимости от породы. Главные хвойные породы высажены в центральные ряды (2 ряда) по 50 штук, по краям сопутствующие и кустарниковые породы по 100 штук. На рис. 1 приведена условная схема размещения пород в каждой лесополосе. Предложенная технология размещения деревьев и кустарников основывается на методических пособиях [12], а также опыте специалистов данной области [13—15].

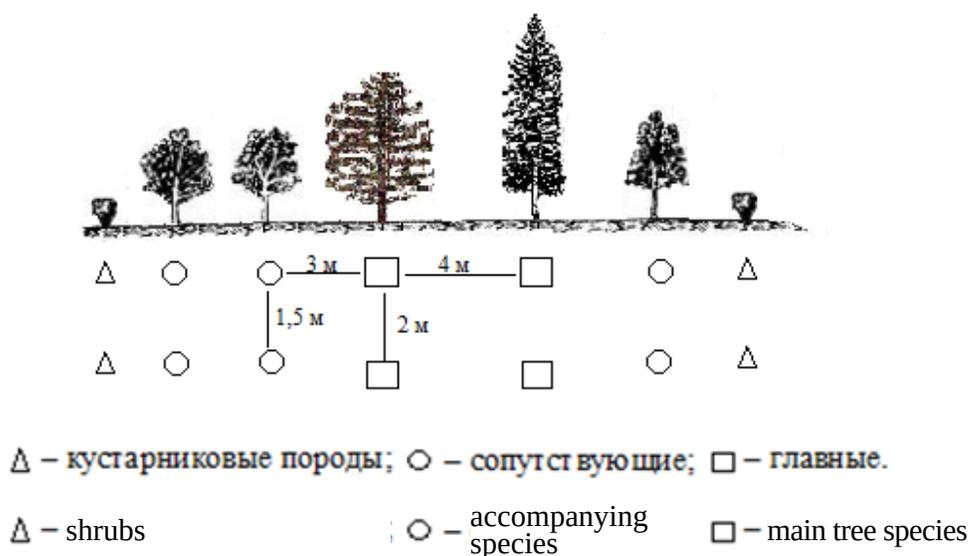


Рис. 1. Схема распределения древесных и кустарниковых пород по рядам в лесозащитной полосе

Fig. 1. Modeling the distribution of tree and shrub species in forest strips

Породный состав подбирался с учетом эколого-биологических особенностей, при этом особое внимание уделялось быстрорастущим, долговечным, морозоустойчивым, засухоустойчивым и газо- (пыле-) устойчивым. В качестве посадочного материала использовался подрост с нелесных земель (просек), заготовленный по разрешению, выданному Государственной лесной службой по Забайкальскому краю. Заготовленные дички имели следующие показатели: возраст хвойных — 5...7 лет, лиственных — 3...5 лет; высота не более 1,0 м; хорошее жизненное состояние; наличие хорошо развитой неповрежденной корневой системы и земляного кома. Для улучшения приживаемости посадочного материала при транспортировке к месту высадки корни древесных пород оборачивались мешковиной и полиэтиленом, помещались в специальные емкости (пластиковые баки).

Первая лесополоса была создана в сентябре 2017 г. по следующей технологии: создание борозд навесным двухотвальным лесным плугом на базе трактора МТЗ-80, при этом бороздование осуществлялось поперек пологого склона для посадки сопутствующих и кустарниковых пород. Бурение посадочных ям производилось с целью посадки главных хвойных древесных пород (на глубину 0,70 м и шириной 0,50 м), имеющих земляной ком, равный диаметру кроны дичка. Вторая и третья лесополосы были созданы в мае 2018 и 2019 гг. методом бороздования двухкорпусным одноотвальным навесным плугом и также с бурением ям под главные хвойные древесные породы.

В ходе изучения результатов посадки фиксировались данные о состоянии деревьев и кустарников с разделением на 3 категории: I — деревья хорошего состояния (без признаков ослабления); II — деревья удовлетворительного состояния (ослабленные и сильно ослабленные); III — деревья неудовлетворительного состояния (усыхающие деревья). Отнесение кустарников к той или иной категории состояния проводилось по таким признакам, как цвет листьев и густота кроны, наличие и доля сухих побегов¹.

Жизненность (характеристика состояния экземпляров одного вида) определялась по 4-балльной шкале В.В. Алехина [16]. Линейные показатели высоты и диаметра кроны растений измерялись при помощи мерной линейки. Графическое представление полученных данных было обработано в программе Microsoft Excel.

Результаты исследований и обсуждение

В ходе исследований было установлено, что приживаемость растений на экспериментальных участках различна, наилучшая отмечена на участке № 1 (осенняя посадка 2017 г.) (рис. 2).

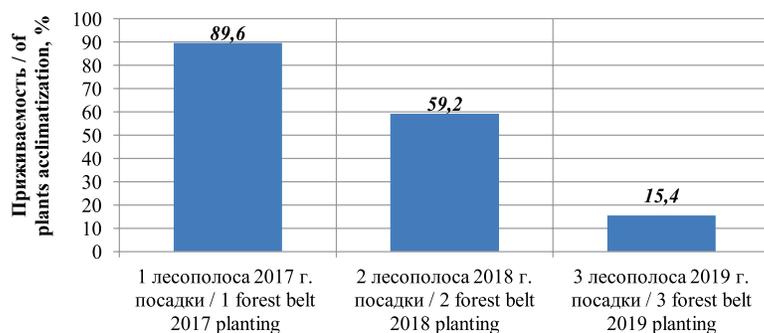


Рис. 2. Приживаемость растений в посадках 2017–2019 гг.

Fig. 2. Plant survival rate in 2017–2019

¹ Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. М.: ВНИИЛМ, 2011. 98 с.; Технические указания по проведению инвентаризации лесных культур, защитных лесных насаждений, питомников, площадей с проведенными мерами содействия естественному возобновлению леса и вводу молодняков в категорию ценных древесных насаждений. М.: Всесоюзный научно-исследовательский информационный центр по лесным ресурсам Госкомлеса СССР, 1990. 67 с.

Приживаемость видов растений также имела отличия. Лучшей приживаемостью из числа главных древесных пород в посадке 2017 г. характеризуются *Larix gmelinii* Rupr. (82 %), в посадке 2018 — *Betula pendula* Roth (64 %), в посадке 2019 г. — *Pinus sylvestris* L. (52 %) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты учета лесополос на период исследования (осень 2020 г.)

Название растения	Год посадки	Приживаемость, %	Линейные показатели роста		Жизненность, балл
			Средняя высота, м	Средний диаметр кроны, см	
Главные древесные породы					
<i>Betula pendula</i> Roth	2018	64	0,65	35	3
	2019	4	0,35	21	1
<i>Larix gmelinii</i> Rupr.	2017	82	1,07	59	4
	2018	58	0,85	48	3
	2019	0	—	—	1
<i>Pinus sylvestris</i> L.	2017	58	0,88	39	3
	2018	10	0,65	50	2
	2019	52	0,63	29	3
Сопутствующие древесные породы					
<i>Populus tremula</i> L.	2019	12	1,38	62	1
<i>Crataegus sanguinea</i> Pallas	2017	92	0,57	24	4
	2018	74	0,64	36	3
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	2017	40	0,86	54	2
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	2017	79	0,87	65	3
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	2017	94	0,65	26	4
	2018	52	0,45	16	3
	2019	23	1,02	39	2
Кустарники					
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	2017	85	0,80	41	4
<i>Caragana spinosa</i> (L.) Vahl ex Hornem	2017	92	0,69	24	4
	2018	81	0,79	33	4
<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb	2017	95	0,56	18	4
	2018	86	0,48	24	4
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Br.	2019	28	0,80	35	2
<i>Spiraea media</i> Franz Schmidt	2019	28	0,43	32	2
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	2019	20	0,36	30	2

Table 1

Plant survival in forest strips for the study period (autumn 2020)

Species	Year of planting	Survival rate,%	Average height, m	Average crown diameter, cm	Vitality, score
<i>Main tree species</i>					
<i>Betula pendula</i>	2018	64	0.65	35	3
	2019	4	0.35	21	1
<i>Larix gmelinii</i>	2017	82	1.07	59	4
	2018	58	0.85	48	3
	2019	0	—	—	1
<i>Pinus sylvestris</i>	2017	58	0.88	39	3
	2018	10	0.65	50	2
	2019	52	0.63	29	3
<i>Accompanying species</i>					
<i>Populus tremula</i>	2019	12	1.38	62	1
<i>Crataegus sanguinea</i>	2017	92	0.57	24	4
	2018	74	0.64	36	3
<i>Crataegus pinnatifida</i>	2017	40	0.86	54	2
<i>Hippophae rhamnoides</i>	2017	79	0.87	65	3
<i>Malus baccata</i>	2017	94	0.65	26	4
	2018	52	0.45	16	3
	2019	23	1.02	39	2
<i>Shrubs</i>					
<i>Caragana arborescens</i>	2017	85	0.80	41	4
<i>Caragana spinosa</i>	2017	92	0.69	24	4
	2018	81	0.79	33	4
<i>Elaeagnus commutata</i>	2017	95	0.56	18	4
	2018	86	0.48	24	4
<i>Sorbaria sorbifolia</i>	2019	28	0.80	35	2
<i>Spiraea media</i>	2019	28	0.43	32	2
<i>Rosa acicularis</i>	2019	20	0.36	30	2

Из числа сопутствующих древесных пород лучшую приживаемость в посадке 2017 г. проявила *Malus baccata* (94 %), в посадке 2018 г. — *Crataegus sanguinea* (74 %) и в посадке 2019 г. — *Malus baccata* (23 %). Слабой адаптивной способностью характеризовался *Populus tremula* (12 %).

Приживаемость кустарников оказалась в целом лучше, чем деревьев. Хорошей приживаемостью в посадках 2017 и 2018 г. отличились *Elaeagnus commutata* (95

и 86 %) и *Caragana spinosa* (92 и 81 % соответственно). Слабой приживаемостью характеризуются *Rosa acicularis* (20 %), *Sorbaria sorbifolia* и *Spiraea media* (28 %), используемые в посадках 2019 г.

По результатам проведенных полевых работ и камеральной обработки полученных данных на адаптацию растений в посадках, несмотря на проведенные уходные работы, могли повлиять различные факторы. Например, приживаемость растений на третьей лесополосе (посадка от 2019 г.) не является показательной, так как большой процент саженцев погиб из-за воздействия несанкционированной автодороги и работы спецтехники на ее территории в последующем. Также не стоит упускать из виду условия района техногенного ландшафта, на котором проводился эксперимент — старая залежь в степном комплексе и почвы данного участка — плотные бескарбонатные, маломощные черноземы. Вследствие переноса (посадки) растений в данные условия, возросло воздействие на растения вредных атмосферных примесей, на это стоит обращать внимание при выборе ассортимента при рекультивации техногенных ландшафтов.

Кроме того, отрицательное влияние на сохранность косвенно оказывают такие факторы, как конкурентные отношения с травянистыми растениями высотой до 1 м; интенсивный выпас домашних животных (крупный рогатый скот) и повреждения насекомыми (листоедами); возникновение заболеваний, вызванных фитопатогенными вредителями (ржавчина на листьях, мучнистая роса на побегах).

В целом жизненное состояние здоровых растений (I категория) в посадках 2017 (57,8 %) и 2018 (51,0 %) гг. лучше, чем в посадке 2019 (11,7 %) г. (рис. 3).

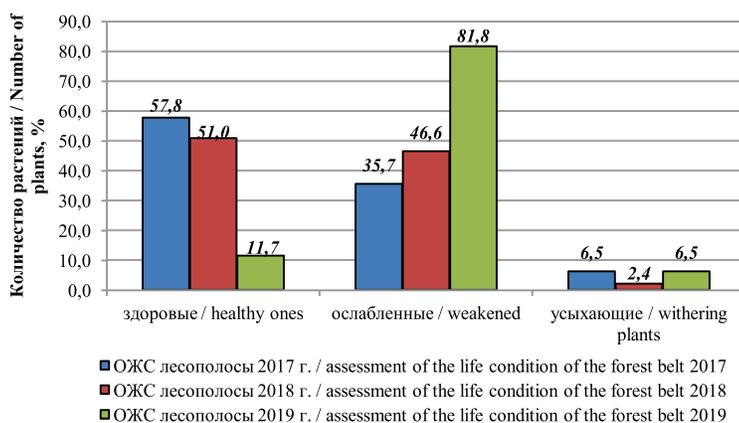


Рис. 3. Жизненное состояние растений в посадках 2017–2019 гг.: ОЖС — оценка жизненного состояния (лесополосы)

Fig. 3. The vital state of forest strips planted in 2017–2019

Наибольший процент ослабленных растений (II категория) отмечен в 2019 г. (81,8 %). Усыхающих растений (III категория) больше всего зафиксировано в 2017 (6,5 %) и в 2019 (6,5 %) гг.

Заключение

Результаты исследований показали, что лучшей приживаемостью в условиях района проведения эксперимента характеризуются *Larix gmelinii*, *Hippophae rhamnoides*, *Crataegus sanguinea*, *Caragana spinosa* и *Elaeagnus commutata*. Однако оценка приживаемости растений значительно варьирует в зависимости от времени года посадки и характера повреждений растений, поэтому важны дальнейшие наблюдения. Отмечено, что для хвойных пород, приживаемость которых составила *Larix gmelinii* (82 %), *Pinus sylvestris* (58 %), наилучший период посадки — осень (конец сентября — начало октября). Установлено, что заготовка дичков хвойных пород с большим комом земли, фиксируемым мешковиной, и транспортировка их в твердой таре к месту высадки предотвращают повреждение корневой системы, и это повышает процент приживаемости. Проведенные разные технологические подходы показали наилучший результат методом бурения лунок, несмотря на большие экономические затраты.

Для сохранности и успешного роста растений в посадках необходимы работы по уходу за насаждениями (обработка междурядий, противопожарная опашка участков посадки, профилактика и уничтожение насекомых-вредителей при высокой их численности), а также организационные мероприятия с целью недопущения повреждения посадок дорожной техникой (ограждение экспериментальных площадок сигнальными лентами).

Важно продолжить наблюдения и повторить посадку однократно высаженных видов растений для уточнения адаптационной способности использования в защитных насаждениях, совершенствуя технологию создания насаждений и ухода за ними.

Библиографический список

1. Бельченко И.С. Лесозащитные полосы как фактор улучшения агроландшафтов и повышения их локального биоразнообразия // Экологический вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 3. С. 42—54.
2. Вараксин Г.С., Лобанов А.И., Шангова О.Г., Вараксина С.Г. Устойчивость лесных полос на пахотных землях в степных условиях Республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2011. № 6(57). С. 94—97.
3. Евдокимов И.В., Хайдукова И.А., Карбасникова Е.Б. Сравнительная оценка роста лесных культур ели европейской, созданных различными технологиями // Символ науки. 2018. № 9. С. 8—11.
4. Чегодаева Н.Д., Лысенков Е.В., Каргин В.И., Перов Н.А. Эффективность агресурсного потенциала на полях, защищенных лесными полосами // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 9. С. 47.
5. Чеплянский И.Я., Засоба В.В., Поповичев В.В. Лесные и нелесные земли в государственных защитных лесных полосах в России // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 51. С. 91—95.
6. Итигилова М.Ц., Чечель А.П., Замана Л.В., Стрижова Т.А., Котельников А.М., Быбин Ф.Ф., Оглы З.П., Локоть Л.И., Клишко О.К., Кривенкова И.Ф., Горлачева Е.П., Афонин А.В., Михеев И.Е., Цыбекмитова Г.Ц., Тулохонов Ю.М., Чечель Л.П., Горковенко Н.Б., Бобринев В.П., Малых О.Ф., Фалейчик А.А., Фалейчик Л.М., Возмилов А.М., Волосиков Р.Н., Глинка В.Т., Цыганок В.И., Кузьминых А.И., Кулаков В.Г., Руденко Ю.Т., Золотарева Л.Н., Спиглазов Л.П., Серебрякова М.С. Экология городского водоема. Новосибирск: СО РАН, 1998. 260 с.
7. Усманова Л.И., Усманов М.Т. Влияние золоотвалов Читинских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 на природные воды прилегающих территорий // Вестник Камчатской региональной организации «Учебно-научный центр». Серия: Науки о Земле. 2010. № 2 (16). С. 167—178.

8. Цыбекмитова Г.Ц., Куклин А.П., Ташлыкова Н.А., Афонина Е.Ю., Базарова Б.Б., Итигилова М.Ц., Горлачёва Е.П., Матафонов П.В., Афонин А.В. Экологическое состояние оз. Кенон — водоема-охладителя ТЭЦ-1 (Забайкальский край) // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. 2017. Т. 7. № 3. С. 194—209. doi: 10.15293/2226-3365.1703.12
9. Чечель А.П. Проблемы охраны и рационального использования озёр — охладителей теплоэлектростанций (на примере озера Кенон Забайкальского края) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 5—1. С. 199—203.
10. Пак Л.Н., Тепляков И.Г., Бекиш А.Ю. Оптимальные пути снижения негативной нагрузки на окружающую среду от золошлакоотвала Читинской ТЭЦ-1 ПАО «ТГК-14» // *Аспирант. Приложение к журналу «Вестник Забайкальского государственного университета»*. 2018. Т. 12. № 2. С. 66—69. doi: 10.21209/2074-9155-2018-12-2-66-69
11. Банщикова Е.А., Желибо Т.В., Миронов А.В., Вахнина И.Л., Макаров В.П., Горбунов И.В. Опыт создания защитных лесонасаждений в районе золошлакоотвала Читинской ТЭЦ-1 // *Записки Забайкальского отделения Русского географического общества*. 2019. Вып. 136. С. 126—135.
12. Бобринев В.П. Выращивание лесных полос в Восточном Забайкалье. Чита: Обл. типография, 1992. 35 с.
13. Пак Л.Н., Бобринев В.П., Усманова Л.И. Озеро Кенон: Состояние, лесомелиорация бассейна // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 11—4. С. 626—629.
14. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Сроки посадки лесных культур в лесной зоне Забайкальского края // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 5—1. С. 75—78.
15. Романов Н.В. Защитные лесополосы — средообразующий элемент ландшафта // *Самарская Лука: Бюл.* 2004. № 15. С. 175—184.
16. Алехин В.В., Сырейщиков Д.П. Методика полевых ботанических исследований. Вологда: Северный печатник, 1926. 69 с.

References

1. Belyuchenko IS. Windbreaks as a factor of improving agricultural lands and enhance their local biodiversity. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2019; 15(3):42—54. (In Russ.).
2. Varaksin GS, Lobanov AI, Shangova OG, Varaksina SG. Forest belt stability on the arable lands in the Tuva Republic steppe conditions. *Bulletin of KrasSAU*. 2011;(6):94—97. (In Russ.).
3. Evdokimov IV, Khaidukova IA, Karbasnikova EB. Comparative assessment of the growth of European spruce forest crops grown under different technologies. *Symbol of Science*. 2018;(9):8—11. (In Russ.).
4. Chegodaeva ND, Lysenkov EV, Kargin VI, Perov NA. The effectiveness of agro-resource potential in the fields protected by forest belts. *Achievements of Science and Technology in Agro-industrial Complex*. 2007; (9):47. (In Russ.).
5. Cheplyanskiy IY, Zasoba VV, Popovichev VV. Forest and non-forest lands in the state of protective forest strips in Russia. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2018; (51):91—95. (In Russ.).
6. Itigilova MT, Chechel AP, Zamana LV, Strizhova TA, Kotelnikov AM, Bybin FF, et al. *Ekologiya gorodskogo vodoema* [Ecology of the urban reservoir]. Novosibirsk: SO RAN publ.; 1998. (In Russ.).
7. Usmanova LI, Usmanov MT. Influence of ash dumps of Chita CHPP-1 and CHPP-2 on natural waters of adjacent territories. *Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center»*. Earth sciences. 2010;(2):167—178. (In Russ.).
8. Tsybekmitova GT, Kuklin AP, Tashlykova NA, Afonina EY, Bazarova BB, Itigilova MT, et al. Ecological state of lake Kenon as a cooling pond of the thermal power plant-1 (TPP-1) (Zabaykalsky Krai). *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*. 2017; 7(3):194—209. (In Russ.). doi: 10.15293/2226-3365.1703.12
9. Chechel AP. Problems of protection and rational use of lakes — coolers of thermal power plants (on the example of the lake of Kenon of Zabaykalsky Krai). *International journal of applied and fundamental research*. 2018; (5—1):199—203. (In Russ.).
10. Pak LN, Teplyakov IG, Bekish AY. Optimal ways to reduce the negative load on the environment from the ash dump of a JSC «ТГК-14». *Aspirant. Prilozhenie k zhurnalu Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018; 12(2):66—69. (In Russ.). doi: 10.21209/2074-9155-2018-12-2-66-69
11. Banshchikova EA, Zhelibo TV, Mironov AV, Vakhnina IL, Makarov VP, Gorbunov IV. On the formation of protective forested tract in the district of ash dump of Chita central heating and power plant-1. *Notes of the Transbaikalian Branch of the Russian Geographical Society*. 2019; (136):126—135. (In Russ.).
12. Bобринев В.П. *Выращивание лесных полос в Восточном Забайкалье* [Cultivation of forest strips in Eastern Transbaikalia]. Chita: Obl. tipografiya publ.; 1992. (In Russ.).

13. Pak LN, Bobrinev VP, Usmanova LI. The lake Kenon: Status, forest reclamation of the basin. *International journal of applied and fundamental research*. 2014; (11—4):626—629. (In Russ.).
14. Pak LN, Bobrinev VP. The timing of planting trees in the forest area of Transbaikalian edge. *International journal of applied and fundamental research*. 2014; (5—1):75—78. (In Russ.).
15. Romanov NV. Defensive forest bands — edificator landscape element. *Byulleten' Samarskaya Luka*. 2004; (15):175—184. (In Russ.).
16. Alekhin VV, Syreishchikov DP. *Metodika polevykh botanicheskikh issledovaniy* [Methodology of field botanical research]. Vologda: Severnyi pechatnik publ.; 1926. (In Russ.).

Об авторах:

Банщикова Екатерина Анатольевна — младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 672014, Забайкальский край, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а; e-mail: kait1986@mail.ru
ORCID: 0000–0002–7206–4893

Желибо Татьяна Витальевна — аспирант, инженер лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 672014, Забайкальский край, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а; e-mail: zhelibo@mail.ru
ORCID: 0000–0002–4444–2463

Макаров Владимир Петрович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 672014, Забайкальский край, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а; e-mail: vm2853@mail.ru
ORCID: 0000–0003–4885–0752

Ларин Вячеслав Сергеевич — младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 672014, Забайкальский край, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а; e-mail: larvecheslav@yandex.ru

About authors:

Banshchikova Ekaterina Anatol'evna — Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 16a Nedorezova st., Chita, Zabaykalsky Krai, 672014, Russian Federation; e-mail: kait1986@mail.ru ORCID: 0000–0002–7206–4893

Zhelibo Tat'yana Vital'evna — PhD student, Engineer, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 16a Nedorezova st., Chita, Zabaykalsky Krai, 672014, Russian Federation; e-mail: zhelibo@mail.ru
ORCID: 0000–0002–4444–2463

Makarov Vladimir Petrovich — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 16a Nedorezova st., Chita, Zabaykalsky Krai, 672014, Russian Federation; e-mail: vm2853@mail.ru
ORCID: 0000–0003–4885–0752

Larin Vyacheslav Sergeevich — Junior Researcher, Laboratory of Geography and Regional Nature Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 16a Nedorezova st., Chita, Zabaykalsky Krai, 672014, Russian Federation; e-mail: larvecheslav@yandex.ru



Животноводство Animal breeding

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-3-275-283

УДК 636.084.11:579.62:636.42/.48

Научная статья / Research article

Влияние клетчатки и энергии в рационе на продуктивность и формирование микробиоценоза поросят

Н.В. Воробьева  , В.С. Попов 

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск, Российская Федерация

 v.nelli.v@yandex.ru

Аннотация. Важная роль в развитии свиноводства на современном этапе отводится кормлению животных, прежде всего поросят в период перехода от молочных к растительным кормам. Этот ответственный период связан с физиологическими особенностями роста и развития поросят. Поэтому проблема разработки комбикормов, позволяющих получать высокие привесы у поросят, является актуальной для свиноводства. Исследования проводились в АО «Надежда» Курской области на поросятах в возрасте 15—42 суток. Цель исследований — повышение продуктивности и формирование микробиоценоза желудочно-кишечного тракта поросят. Применяли в исследуемый период ячменно-пшеничный комбикорм с дополнительными ингредиентами: кормовым жиром, травяной мукой люцерны и пробиотиком. Кормовые жиры обеспечивают оптимальный уровень энергии роста поросят. Активные вещества травяной муки участвуют во всех обменных процессах в организме, делая ее востребованной. Пробиотик повышает доступность, усвояемость питательных веществ корма. В исследованиях было доказано, что новый состав СК-3 повышает среднесуточный привес на 20,5 %, валовый прирост на одного поросенка увеличился до 21 %. При этом сохранность животных в период до 42 дней повысилась до 100 %. Установлено, что при скармливании опытным поросётам комбикорма с травяной мукой, кормовым жиром и пробиотиком отмечался наибольший рост полезной микрофлоры кишечника к 42 дню с 10^7 до 10^9 КОЕ/г фекалий. У опытных животных отмечено снижение *E. coli* в сравнении с контрольными — с 10^7 до 10^4 . Раскрыта важность использования в комбикормах для поросят 15—42-суточного возраста таких ингредиентов, как травяная мука, кормовой жир и пробиотик, в получении безопасных для здоровья людей продуктов питания. Обоснована актуальность разработок новых комбикормов.

Ключевые слова: поросята, пробиотик, травяная мука, кормовой жир, микроорганизмы, живая масса

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

История статьи: Поступила в редакцию 4 марта 2021 г. Принята к публикации 26 июля 2021 г.

© Воробьева Н.В., Попов В.С., 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

Для цитирования:

Воробьева Н.В., Попов В.С. Влияние клетчатки и энергии в рационе на продуктивность и формирование микробиоценоза поросят // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 3. С.275—283. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-275-283

Effect of fiber and energy in diet on productivity and formation of microbiocenosis in piglets

Nelly V. Vorobyova  , Viktor S. Popov 

Kursk Federal Agricultural Research Center, Kursk, Russian Federation

 v.nelli.v@yandex.ru

Abstract. Today, an important role in the development of pig breeding is given to feeding animals, especially piglets during the transition from milk to vegetable feeding. This crucial period is associated with physiological characteristics of piglet growth and development. Therefore, the problem of developing mixed fodder that gives rise to high weight gain in piglets is relevant for pig farming. The experiments were conducted on piglets aged 15—42 days in Nadezhda farm, Kursk region. The purpose of the research was to increase productivity and form the microbiocenosis in the intestines of piglets. During the study period, barley-wheat mixed fodder was used with additional ingredients: feed fat, alfalfa grass flour and probiotic. Feed fats provide an optimal level of energy for piglets' growth. The active substances of alfalfa flour are involved in all metabolic processes in the body, making it effective. Probiotic increases availability and digestibility of feed nutrients. The studies proved that the new composition of SK-3 increased the average daily weight gain by 20.5 %, the gross formation per piglet increased to 21 %. At the same time, survival of animals in the period 15—42 days increased to 100 %. The greatest growth of beneficial intestinal microflora from 10^7 to 10^9 CFU/g of feces was observed after feeding experimental piglets with mixed fodder containing grass flour, feed fats and probiotic by day 42. In comparison with the control animals, experimental animals showed a decrease in *E. coli* — from 10^7 to 10^4 . The importance of using such ingredients as alfalfa grass flour, feed fats and probiotic in mixed fodder for piglets of 15—42 days of age was revealed. The relevance of the development of new mixed fodder was justified.

Keywords: piglets, probiotic, grass flour, feed fat, microorganisms, live weight

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

Article history:

Received: 4 March 2021. Accepted: 26 July 2021.

For citation:

Vorobyova NV, Popov VS. Effect of fiber and energy in diet on productivity and formation of microbiocenosis in piglets. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(3): 275—283. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-3-275-283

Введение

Успешное развитие свиноводства невозможно только за счет генетических задатков животных. Большая роль отводится сбалансированному кормлению поросят, которое должно поддерживать максимальную продуктивность животных и их здоровье.

Период отъема поросят — это переходный период от молочных к растительным кормам, наиболее ответственный период в формировании микрофлоры и ферментной активности желудочно-кишечного тракта, связанный с физиологическими особенностями роста и развития поросят. Первые 20 дней жизни поросят называют периодом возрастной неполноценности, с природной ахлоргидрией, желудочный сок имеет очень низкую переваривающую способность и лишен бактерицидных свойств. В этот период в толстом отделе кишечника поросят ферментативные процессы неактивны. Большая часть нерасщепленных питательных веществ не усваивается. Поэтому кормление в этот период отличается высоким уровнем и полноценностью. Современные подходы к физиологии питания поросят свидетельствуют о значительной роли клетчатки, влияющей на утолщение слизистой оболочки пищеварительного тракта, увеличивающей секрецию и переваривающую способность желудочного сока. Немаловажно включение в комбикорма поросят кормовых жиров как источника энергии, хорошо используемого поросятами для реализации генетического потенциала роста [1—5].

Все более широко используются в составе кормовых добавок в свиноводстве ферментативные пробиотики. Применение пробиотиков не только способно сократить период выращивания животных, повысить рост привесов и увеличить сохранность поросят, но и снижает расход кормов, что сегодня наиболее важно при современных эколого-экономических причинах [6—10].

Препараты, в основу которых входят живые микробы, представители нормофлоры, — пробиотики способствуют восстановлению эубиоза кишечника животных. Пробиотики физиологичны, при этом обладают выраженной антимикробной активностью по отношению к патогенным бактериям, а также иммуностимулирующим и противовоспалительным действием, осуществляя коррекцию экскреторной и моторной функций кишечника [11—15].

Разработка сбалансированных комбикормов, позволяющих получить высокие среднесуточные привесы, — актуальная проблема для свиноводства.

Цель исследования — изучение взаимодействия клетчатки и обменной энергии в сочетании с пробиотиком Профорт на продуктивные показатели и формирование микробиоценоза желудочно-кишечного тракта поросят.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на свинокомплексе АО «Надежда» Курской области на поросятах помесной породы крупная белая × ландрес. Возраст поросят 15—42 суток. Из животных были сформированы 2 группы (контрольная и опытная) по 30 голов с живой массой в начале опыта 1,9 кг. Динамику живой массы поросят определяли методом перевески в конце опыта. Исходным материалом для обработки данных служили поросята в период постановки на опыт.

Бактериологические исследования видового состава микрофлоры кишечника проводили по общепринятой методике в начале опыта, через 15 дней и в конце опыта. Идентификацию *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* проводили после окраски

мазков по Граму. *E.coli* идентифицировали по биохимическим и культурально-морфологическим свойствам. Потом проводили подсчет колоний и выражали в КОЕ/г (КОЕ — число колониеобразующих единиц).

В контрольной группе животным применяли хозяйственный комбикорм СК-3, состав которого следующий: ячмень лущеный поджаренный — 23 %, пшеница — 30 %, кукуруза — 14 %, шрот соевый — 6 %, рыбная мука — 3 %, сухое обезжиренное молоко — 6 %, масло соевое — 2,6 %, соль — 0,4 %, дикальций фосфора — 0,8 %, БВМД — остальное. В опытной СК-3+ по нашей рецептуре следующего состава: ячмень лущеный поджаренный — 50 %, отруби пшеничные — 6,5 %, травяная мука люцерны — 2 %, шрот соевый — 13 %, рыбная мука — 4 %, дрожжи кормовые — 2,5 %, сухое обезжиренное молоко — 10 %, сахароза — 5 %, кормовой жир — 4 %, мел — 0,6 %, соль — 0,4 %, дикальций фосфора — 1 %, премикс — 1 % и добавочно ферментативный пробиотик Профорт — 0,3 % от состава комбикорма.

Комбикорм СК-3+ разработан на основе кормов физиологически более адекватных для поросят раннего периода отъема с включением травяной муки, кормового жира и ферментативного пробиотика.

На повышение продуктивности свиней большое влияние оказывает полное удовлетворение организма в энергии и всех элементах питания. Обеспечить рацион поросят оптимальным уровнем обменной энергии без жировых добавок невозможно. Их повышенные дозы в рационе обусловлены необходимостью обеспечения поросят незаменимыми жирными кислотами, их азот сберегающим эффектом (уменьшается выделение азота из организма до 15 %), ингибирующим действием скармливаемых жиров на липогенез из глюкозы. Под влиянием жировых добавок в цитоплазму клеток из ядра поступает повышенное количество информационной РНК и увеличивается уровень фосфолипидов. При этом увеличивается уровень белка в тканях и наращивается масса тела поросят. Увеличение концентрации обменной энергии в рационе повышает использование азота, фосфора, кальция. С увеличением количества жира в рационе возрастает и переваримость основных жирных кислот. Применение кормового животного жира в составе комбикорма сокращает сроки откорма, увеличивает эффективность производства свинины.

Несмотря на то, что клетчатка плохо переваривается в организме свиней, она им необходима как балластное вещество, способствующее активации моторики желудочно-кишечного тракта и профилактики желудочно-кишечных заболеваний при использовании комбикормов тонкого помола. Она обладает адсорбирующим эффектом, впитывает в себя слизь, забивающую микроворсинки в тонком отделе кишечника, очищая их поверхность до полного соприкосновения с пищевыми массами. Клетчатка травяной муки люцерны лучше переваривается и усваивается свиньями, чем клетчатка других кормов. Содержащиеся в люцерне вещества активно участвуют во всех обменных и восстановительных процессах в организме. Минерально-витаминный состав травяной муки люцерны делает ее уникальной.

В связи с трудностями в переваривании клетчатки у свиней из-за простоты строения желудочно-кишечного тракта актуально применение пробиотиков.

В составе Профорт (производится фирмой «Биотроф») — мультифункциональной кормовой добавки, живые культуры бактерий: *Bacillus megaterium* В-4801

и *Enterococcus faecium* 1—35. Ферментные комплексы бактерий воздействуют на структурную клетчатку корма, повышая высвобождение питательных веществ. Комбикорм с этим пробиотиком характеризуется повышенной усвояемостью, что дает улучшенные показатели роста во все последующие периоды развития поросят.

Результаты исследований и обсуждение

Нормы потребления белка для поросят данного возраста составляют не менее 19 %, обменной энергии — не ниже 13,3 МДж/кг. Предлагаемый комбикорм полностью отвечает требованиям ГОСТ 34109—2017, введенного в действие с 01.01.19.

Вместе с тем, в настоящее время не установлено окончательных рекомендаций по нормированию сырого жира у поросят раннего отъема.

При этом исследуемые комбикорма скармливали с 15 до 42 суточного возраста согласно нормативным показателям выращивания (табл. 1).

Таблица 1

Потребление комбикорма поросятами с 15 до 42 суток

Возраст, суток	Суточное потребление комбикорма, г	Период кормления, сутки	Возраст, сутки	Суточное потребление комбикорма, г	Период кормления, сутки
15–16	25±1,11	2	31–34	150±2,01	4
17–20	50±1,91	4	35–36	200±1,75	2
21–25	100±1,25	5	37–42	450±2,31	6
26–30	125±1,31	5	43–61	660±2,33	18

Table 1

Feed intake by piglets from 15 to 42 days

Age, days	Daily consumption of mixed fodder, g	The feeding period, days	Age, days	Daily consumption of mixed fodder, g	The feeding period, days
15–16	25	2	31–34	150±2.01	4
17–20	50	4	35–36	200±1.75	2
21–25	100	5	37–42	450±2.31	6
26–30	125	5	43–61	660±2.33	18

Изучение проводили на поросятах помесной породы (крупная белая×ландрас) в период раннего отъема (15—42 суток), сформированных в две группы по 30 голов. Содержание и кормление было групповое. Животные получали в первой группе комбикорм СК-3 хозяйства, в опытной группе — предлагаемый состав.

Эффективность применения нового состава комбикорма для повышения продуктивности и сохранности молодняка в ранний период отъема, оцениваемая по весовым показателям и сохранности, отражена в табл. 2.

Таблица 2

Продуктивность и сохранность поросят с 15 до 42 суток

Показатели	Контроль	Опыт
В 15 суток, голов	25	25
В 42 суток, голов	23	25
Живая масса, кг:		
В 15 суток	1,9±0,75	1,9±0,87
В 42 суток	10,2±1,32	11,9±1,47
% к контролю	100	116,7
Валовый привес, кг	8,3±1,52	10±1,73*
% к контролю	100	120,5
Среднесуточный привес за опыт, г	307±1,33	370±1,97*
Сохранность за опыт, %	92	100

Примечание. *Достоверно при $P \leq 0,05$.

Table 2

Productivity and survival of piglets from 15 to 42 days

Indicators	Control	Experimental
in 15 days, heads	25	25
in 42 days, heads	23	25
Live weight, kg:		
in 15 days	1.9±0.75	1.9±0.87
in 42 days	10.2±1.32	11.9±1.47
% to control	100	116.7
Gross weight gain, kg	8.3±1.52	10±1.73*
% to control	100	120.5
Average daily gain per experiment, g	307±1.33	370±1.97*
Survival,%	92	100

Note: * reliable at $P \leq 0.05$.

По результатам поросята опытной группы — с более высокой массой тела и среднесуточным привесом за исследуемый период.

В контроле вес поросенка на 42 сутки составил 8,3 кг, в опыте — 10,0 кг, что в 1,2 раза больше. Скармливание комбикорма с травяной мукой люцерны, кормовым жиром и пробиотиком увеличило среднесуточный привес на 20,5 %, при этом сохранность поросят к 42 суткам достигла 100 %.

При отъеме поросята испытывают стресс от разлучения со свиноматкой и смешанной питания. При этом меняется и микробный фон желудочно-кишечного тракта.

Изменения микробиоценоза кишечника поросят-сосунов при скармливании различных составов СК-3 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Микробный фон кишечника поросят с 15 до 42 суток

Вид микроорганизмов (КОЕ/г фекалий)	Возраст поросят, сутки		
	15	30	42
Контрольная группа			
<i>Bifidobacterium</i>	106	107	108
<i>Lactobacillus</i>	106	107	107
<i>E.coli</i>	107	108	109
Опытная группа			
<i>Bifidobacterium</i>	107	108	109*
<i>Lactobacillus</i>	107	108	109*
<i>E.coli</i>	107	106	104*

Примечание. *Достоверно при $P \leq 0,05$.

Table 3

Microbial composition of piglets' intestines from 15 to 42 days

Type of microorganisms (CFU / g of feces)	Age of animals, day		
	15	30	42
Control group			
<i>Bifidobacterium</i>	106	107	108
<i>Lactobacillus</i>	106	107	107
<i>E.coli</i>	107	108	109
Experimental group			
<i>Bifidobacterium</i>	107	108	109*
<i>Lactobacillus</i>	107	108	109*
<i>E.coli</i>	107	106	104*

Note: * reliable at $P \leq 0.05$.

Анализ показателей свидетельствует, что комбикорм, применяемый в хозяйстве, способствует равномерному заселению желудочно-кишечного тракта *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*. При этом количество *E.coli* к 42 суткам увеличилось до 109 КОЕ/г содержимого кишечника.

Скармливание нового состава комбикорма увеличило содержание лакто- и бифидобактерий к 42 суткам до 109 микробных тел. Это свидетельствует о повышенном заселении желудочно-кишечного тракта поросят лакто- и бифидофлорой. Напротив, содержание эшерихий снилось до 104 КОЕ/г фекалий к 42 суткам.

Заключение

Формирование микробиоценоза связано с кормлением поросят комбикормом с травяной мукой люцерны при дополнительном введении пробиотической добавки Профорт, позволяющей корректировать состояние кишечной микрофлоры. При этом увеличение обменной энергии до 14 МДж/кг за счет добавления кормового жира способствует повышению живой массы поросят и увеличению среднесуточных привесов. При этом повышается сохранность поросят раннего отъема до 100 %.

Библиографический список

1. Попов В.С., Самбуров Н.В., Воробьева Н.В. Коррекция метаболизма у свиней с применением иммунометаболических препаратов и кормовых средств. Курск, 2014. 200 с.
2. Hansen Ch. Focusing on early life piglet performance is critical for success // International Pig Topics. 2018. Vol. 33. № 2. P. 6—7.
3. Zijlstra R.T., Jha R., Woodward A.D., Fouhse J., van Kempen T.A.T.G. Starch and fiber properties affect their kinetics of digestion and thereby digestive physiology in pigs // J. Anim. Sci. 2012. 90: 49—58. doi:10.2527/jas.53718
4. Кононенко С.И. Инновации в организации кормления // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 1—1 (25). С. 125—129.
5. Roselli M., Pieper R., Rogel-Gaillard C., de Vries H., Bailey M., Smidt H., Lauridsen C. Immunomodulating effects of probiotics for microbiota modulation, gut health and disease resistance in pigs // Animal Feed Science and Technology. 2017. Т. 233. P. 104—119. doi:10.1016/j.anifeeds.2017.07.011
6. Лаврентьев А.Ю. Продуктивные и мясные качества свиней при использовании в комбикормах смеси ферментных препаратов // Вестник Сумского национального аграрного университета. 2014. № 2/1. С. 152—156.
7. Некрасов Р., Чабаев М., Зеленченкова А. Использование ферментов — эффективный инструмент в кормлении свиней // Свиноводство. 2019. № 6. С. 39—40.
8. Гамко Л.Н., Сидоров И.И., Талызина Т.Л., Черненко Ю.Н. Пробиотики на смену антибиотикам. Брянск, 2015. 136 с.
9. Овчинников А.А. Продуктивность свиноматок при использовании в рационе пробиотиков // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1 (97). С. 119—123.
10. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Солдатов В.В., Большаков В.Н., Селиванов Д.Г. Профорт в кормлении свиней // Сельскохозяйственные вести. 2019. № 4. С. 48—49.
11. Самбуров Н.В., Трубников Д.В., Попов В.С., Бабаскин Р.Н. Пробиотические кормовые добавки в технологии выращивания поросят-отъемышей // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 29—34.
12. Подобед Л.И., Сафонов А.П. Научно-практическое руководство по оптимизации кормления свиней. Одесса: Акватория, 2020. 552 с.
13. Шулаев Г.М., Милушев Р.К., Энговатов В.Ф. и др. Обогащительная добавка для комбикормов поростам раннего отъема // Патент РФ № 2734437С1 от 19.02.2020.
14. Бурлаков В.С., Вольвак С.Ф., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Швецова М.Р., Татьяначева О.Е., Ястребова О.Н., Подчалимов М.И., Концевенко В.В., Зуев С.Н. Исследование биотехнических систем в животноводстве // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 4(14). С. 94—103.
15. Белоусов Н. Комбикорма и генетика — ключевые факторы повышения продуктивности // Свиноводство. 2018. № 2. С. 82—85.

References

1. Popov VS, Samburov NV, Vorobyova NV. *Korreksiya metabolizma u svinei s primeneniem immunometabolicheskikh preparatov i kormovykh sredstv* [Correction of metabolism in pigs with the use of immunometabolic drugs and feed products]. Kursk; 2014. (In Russ.).
2. Hansen Ch. Focusing on early life piglet performance is critical for success. *International Pig Topics*. 2018; 33(2):6–7.
3. Zijlstra RT, Jha R, Woodward AD, Fohse J, van Kempen TATG. Starch and fiber properties affect their kinetics of digestion and thereby digestive physiology in pigs. *Journal of Animal Science*. 2012; 90(suppl_4):49–58. doi: 10.2527/jas.53718
4. Kononenko SI. Innovations in feeding. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2016; (1–1):126–130. (In Russ.).
5. Roselli M, Pieper R, Rogel-Gaillard C, de Vries H, Bailey M, Smidt H, et al. Immunomodulating effects of probiotics for microbiota modulation, gut health and disease resistance in pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2017; 233:104–119. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.07.011
6. Lavrentiev AY. Productive and meat qualities of pigs when using a mixture of enzyme preparations in mixed feeds. *Bulletin of Sumy NAU*. 2014; (2):152–156. (In Russ.).
7. Nekrasov R, Chabaev M, Zelenchenkova A. The use of enzymes is an effective tool in feeding pigs. *Pigbreeding*. 2019; (6):39–40. (In Russ.).
8. Gamko LN, Sidorov II, Talyzina TL, Chernenok YN. *Probiotiki na smenu antibiotikam* [Probiotics to replace antibiotics]. Bryansk.; 2015. (In Russ.).
9. Ovchinnikov AA. Productivity of sows at the use of probiotics in the ration. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2017; (1):119–123. (In Russ.).
10. Laptev GY, Novikova NI, Soldatov VV, Bolshakov VN, Selivanov DG. Profort in pig feeding. *Agricultural news*. 2019; (4):48–49. (In Russ.).
11. Samburov NV, Trubnikov DV, Popov VS, Babaskin RN. Probiotic feed additives in technology of cultivation weaned piglets. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2017; (2):29–34. (In Russ.).
12. Podobed LI, Safonov AP. *Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo po optimizatsii kormleniya svinei* [Scientific and practical guide to optimizing pig feeding]. Odessa: Akvatoriya publ.; 2020. (In Russ.).
13. Shulaev GM, Milushev RK, Engovatov VF, et al. *Obogatitel'naya dobavka dlya kombikormov porosyatam rannego ot'ema* [Enriching additive for compound feeds for early weaned piglets]. Patent RUS, no. 2734437C1, 2020. (In Russ.).
14. Burlakov VS, Volvak SF, Naumkin VN, Naumkina LA, Shvetsova MR, Tatyanchikova OE et al. Research of biotechnical systems in animal husbandry. *Actual issues in agricultural biology*. 2019; (4):94–103. (In Russ.).
15. Belousov N. Compound feed and genetics — key factors for increasing productivity. *Pigbreeding*. 2018; (2):82–85. (In Russ.).

Об авторах:

Воробьева Нелли Васильевна — кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории агробиотехнологии, ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Российская Федерация, 305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б; e-mail: v.nelli.v@yandex.ru
ORCID 0000–0002–4246–5725

Попов Виктор Сергеевич — доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник лаборатории агробиотехнологии, ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Российская Федерация, 305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б; e-mail: viktor.stugen@yandex.ru
ORCID 0000–0003–3404–1591

About authors:

Vorobyova Nelly Vasilyevna — Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Agrobiotechnology, Kursk Federal Agricultural Research Center, 70b Karla Marksa st, Kursk, 305021, Kursk Region, Russian Federation; e-mail: v.nelli.v@yandex.ru
ORCID 0000–0002–4246–5725

Popov Viktor Sergeevich — Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Agrobiotechnology, Kursk Federal Agricultural Research Center, 70b Karla Marksa st, Kursk, 305021, Kursk Region, Russian Federation; e-mail: viktor.stugen@yandex.ru
ORCID 0000–0003–3404–1591

Для заметок
