



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2021 Том 16 № 1

DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-1

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: pliushchikov-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

Бородычев 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

Дубенко 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, НЦ «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, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

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

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

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

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 29.03.2021. Выход в свет 30.03.2021. Формат 70×100/16.

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

Усл. печ. л. 8,13. Тираж 500 экз. Заказ № 13. 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. 1
DOI: 10.22363/2312-797X-2021-16-1
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: pliuschchikov-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. Vatinov, 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, 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 Yu.N. Efremova

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

Ботаника

Тишкина Е.А. Состояние ценопопуляций *Rosa acicularis* L. в лесопарковой зоне Екатеринбурга 7

Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding (Поиск нетрадиционного растительного сырья для пищевой промышленности и экологически чистого животноводства) 18

Растениеводство

Мягкова Е.Г. Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области 30

Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Скрининг сортов овса омской селекции для условий южной лесостепи Западной Сибири 42

Хашдахилова Ш.М., Мусаев М.Р., Халилов М.Б., Магомедова А.А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество кукурузы на зерно в условиях Предгорной подпровинции Республики Дагестан 54

Защита растений

Цветкова Ю.В., Яковлева В.А. Совершенствование методов тестирования почвы на выявление спор возбудителя рака картофеля *Synchytrium endobioticum* с использованием молекулярных методов 66

Защитное лесоразведение

Лепеско В.В., Рыбашлыкова Л.П. Долговечность вяза приземистого *Ulmus pumila* L. в защитном лесоразведении на полупустынных землях Астраханского Заволжья 77

Почвоведение и агрохимия

Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т. Влияние способа заделки органического удобрения на плодородие серой лесной почвы, урожайность и качество продукции 86

Contents

Botany

- Tishkina E.A. State of *Rosa acicularis* L. coenopopulations in forest park zone of Ekaterinburg 7
- Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding 18

Crop production

- Myagkova E.G. Adaptivity of sweet pepper varieties cultivated in the Astrakhan region 30
- Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Aniskov N.I. Screening of oat cultivars developed in Omsk for conditions of the southern forest-steppe in Western Siberia 42
- Khashdakhilova S.M., Musaev M.R., Khalilov M.B., Magomedova A.A. Effect of growth stimulants on yield and quality of grain corn grown in Piedmont sub-province of Dagestan 54

Plant protection

- Tsvetkova Y.V., Yakovleva V.A. Improvement of soil testing techniques for detecting spores of potato wart disease *Synchytrium endobioticum* using molecular methods 66

Protective afforestation

- Lepesko V.V., Rybashlykova L.P. Longevity of *Ulmus pumila* L. in protective afforestation on semi-desert lands of the Astrakhan Zavolzhye 77

Soil science and agrochemistry

- Meltsaev I.G., Esedullaev S.T. Influence of manure application method on gray forest soil fertility, crop yield and quality 86

Ботаника Botany

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-7-17
УДК 581.522

Научная статья / Research article

Состояние ценопопуляций *Rosa acicularis* L. в лесопарковой зоне Екатеринбурга

Е.А. Тишкина

Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Российская Федерация
Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург, Российская Федерация
Elena.MLOB1@yandex.ru

Аннотация. Выявлено, что исследованные фрагменты ценопопуляции *Rosa acicularis* L. (розы иглистой) являются нормальными и полночленными с одновершинными онтогенетическими спектрами, которые способны формировать самоподдерживающиеся в течение нескольких поколений местообитания и распространяться на значительной территории. В онтогенезе розы иглистой выделены три периода и шесть онтогенетических состояний. Возрастная структура имеет три типа спектра — левосторонний, центрированный и правосторонний. Различие в онтогенетической структуре зависит от влияния антропогенного пресса, эколого-ценотических условий обитаний розы и варьирования природно-климатических условий. При анализе параметров ценопопуляций выявили, что к наилучшим для существования розы можно отнести условия в сосняке ягодниковом (ФЦП5) в лесопарке им. Лесоводов России и сосняке вейниковом (ФЦП1) в Уктусском лесопарке, где местообитания характеризуются высокими морфологическими показателями, численностью и высокими значениями долевого участия прегенеративной фракции.

Ключевые слова: роза иглистая, *Rosa acicularis*, ценопопуляция, лесопарк, онтогенетическая структура, демографическая структура, виталитетный спектр, морфологические параметры

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

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

История статьи:

Поступила в редакцию: 28 мая 2020 г. Принята к публикации: 29 декабря 2020 г.

© Тишкина Е.А., 2021



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

Для цитирования:

Тишкина Е.А. Состояние ценопопуляций *Rosa acicularis* L. в лесопарковой зоне Екатеринбурга // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 7—17. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-7-17

State of *Rosa acicularis* L. coenopopulations in forest park zone of Ekaterinburg

Elena A. Tishkina

Botanical Garden of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russian Federation
Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russian Federation
Elena.MLOB1@yandex.ru

Abstract. The experiments revealed that the studied fragments of *Rosa acicularis* L. coenopopulation were normal and full-fledged with single-vertex ontogenetic spectra. They are able to form self-sustaining habitats for several generations and spread over a significant territory. Three periods and six ontogenetic states were distinguished in the ontogenesis of *Rosa acicularis* L. The age structure had three types of spectrum — left-sided, centered, and right-sided. The difference in the ontogenetic structure depends on influence of anthropogenic factor, ecological and coenotic conditions of rose habitats, and variations in climatic conditions. When analyzing the parameters of coenopopulations, we found that the best conditions for existence of *Rosa acicularis* L. were in the berry pine forest (FCP5) in the park named after Foresters of Russia and reed grass pine forest (FCP1) in Uktus forest park, where the habitats were characterized by high morphological indicators, numbers and high values of the pregenerative fraction.

Keywords: *Rosa acicularis*, coenopopulation, forest park, ontogenetic and demographic structure, vitality spectrum, morphological parameters

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

Acknowledgments. This work was carried out within the framework of the State Assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Article history:

Received: 28 May 2020. Accepted: 29 December 2020

For citation:

Tishkina EA. State of *Rosa acicularis* L. coenopopulations in forest park zone of Ekaterinburg. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):7—17. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-7-17

Введение

Анализ научной литературы [1—5] свидетельствует о том, что «в последние десятилетия во всем мире возрос интерес к использованию в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности биологически активных веществ (БАВ) из природного растительного сырья. В этой связи возникает необходимость поиска наиболее перспективных растений, обладающих высоким потенциалом. Особый интерес представляет использование местных дикорастущих растений, <...> перспективным является лекарственно-техническое сырье» [1].

Роза иглистая *Rosa acicularis* L. высоко ценится в фармакологии, так как содержит аскорбиновую кислоту, каротиноиды, токоферолы, флавоноиды, сахара, дубильные и пектиновые вещества, органические кислоты — лимонную и яблочную, жирное масло [6] и другие полезные вещества [7—9].

Цель исследования — анализ особенностей онтогенетической структуры и современного состояния ценопопуляций *Rosa acicularis* в лесопарковой зоне г. Екатеринбург.

Материалы и методы исследований

Объекты исследования произрастают в лесопарках: Уктусском и им. Лесоводов России г. Екатеринбург (табл. 1). Уктусский лесопарк (455 га) расположен в южной части города (северная часть Уктусских гор), издавна является местом проведения лыжных соревнований. Имеющийся здесь трамплин определил рекреационно-спортивный профиль лесопарка. Сосновые боры в некоторых местах Уктусских гор остепнены [10]. Лесопарк им. Лесоводов России (968 га) расположен на восточной окраине Екатеринбурга [11]. Он представляет собой пересеченный рельеф с густым сосновым бором [12].

Климатические условия районов исследования приведены в табл. 2.

При изучении организации местообитаний розы опирались на стандартные методики [13—19].

Результаты исследования и обсуждение

Роза иглистая — один из создидфикаторов коренных типов леса наряду с рябиной обыкновенной, ракатником русским, черемухой обыкновенной и другими подлесочными видами [20]. Плотность изученных местообитаний колеблется от 144 до 844 растений на 1 га. Высокая численность розы иглистой отмечена в сосняке вейниковом (ФЦП1) (844 шт.). Особи *Rosa acicularis* произрастают в виде геоксильного кустарника высотой 0,41...1,29 м, проекция составляет 0,03...0,82 м² и объем кроны 0,01...0,49 м³. Наиболее высокими морфологическими значениями отличается местообитание в сосняке ягодниковом (ФЦП5). Положительный коэффициент корреляции имеет высота с площадью ($r = 0,83$, $p < 0,05$) и объемом кроны растения ($r = 0,80$, $p < 0,05$). С увеличением генеративной фракции уменьшаются высота растений ($r = -0,63$, $p < 0,05$) и численность особей ($r = -0,51$, $p < 0,05$). В то же время отношение индекса виталитета с площадью и объемом кроны имеют отрицательную, корреляционную связь, т.е. с увеличением площади проекции кроны ($r = -0,52$, $p < 0,05$) и ее объема ($r = -0,56$, $p < 0,05$), снижается жизненность растений. Значение индекса виталитета колеблется от слабо поврежденных (69 %) до здоровых особей (87 %) и связано с возрастом розы в местообитании, с увеличением возраста снижается жизненность растений. Практически во всех фрагментах преобладают ослабленные особи (от 50 до 76,6 %), тем не менее высокая доля здоровых растений отмечена в каменистой степи (ФЦП4) — до 53,3 %, в сосняке ягодниковом (ФЦП6) — до 56,6 % и на лугу разнотравном (ФЦП7) — 66,6 %. В целом виталитетность уктусской ценопопуляции выше (индекс виталитета составляет 84 %), чем у ценопопуляции растущей в лесопарке им. Лесоводов России (индекс виталитета — 76,7 %).

Таблица 1

Характеристика местообитаний *Rosa acicularis* в лесопарках г. Екатеринбурга

Фрагмент ценопопуляции (ЦПФ)	Тип леса, растительное сообщество	Древостой		Фрагменты ценопопуляции (по 0,09 га)				Виталитетный спектр, %					Индекс виталитета L_v
		Состав	Сомкнутость полога	Морфологические параметры			n1	n2	n3	n4	n5		
				Высота, м	Площадь проекции кроны, м ²	Объем кроны, м ³							
				Общая плотность, экз./га									
Уктусский лесопарк													
1	Сосняк вейниковый	6С4Б	0,6	844	0,81±0,03	0,22±0,02	0,06±0,01	20	63,3	16,7	0	0	83
2	Сосняк вейниковый	8С2Б	0,7	778	0,55±0,03	0,07±0,01	0,02±0	10	76,6	13,4	0	0	83
3	Каменная степь	–	–	422	0,66±0,04	0,15±0,04	0,04±0,02	50	50	0	0	0	87
4	Каменная степь	–	–	411	0,41±0,02	0,03±0	0,01±0	53,3	36,6	6,6	3,5	0	83
X ± mх				613,7	0,60±0,03	0,11±0,01	0,03±0,01	33,3	56,6	9,1	0,8	0	84
Лесопарк им. Лесоводов России													
5	Сосняк ягодниковый	10С	0,6	344	1,29±0,10	0,82±0,19	0,49±0,17	43,3	56,7	0	0	0	71
6	Сосняк ягодниковый	6С4Б	0,5	667	0,72±0,06	0,12±0,02	0,04±0,01	56,6	30	13,4	0	0	69
7	Луг разнотравный	–	–	444	1,03±0,03	0,18±0,01	0,06±0,01	66,6	23,4	10	0	0	85
8	Сосняк разнотравный	6С4Б	0,8	144	0,50±0,04	0,18±0,03	0,04±0,01	46,6	50	3,4	0	0	82
X ± mх				399,7	0,88±0,05	0,32±0,06	0,15±0,05	53,3	40	6,7	0	0	76,7

Table 1

Characteristics of *Rosa acicularis* habitats in the forest parks of Ekaterinburg

Fragment of coenopopulation (FCP)	Forest type, plant community	Tree stand		Total density, plants./ha	Morphological parameters				Fragments of coenopopulation (0.09 ha)				
		Composition	Density of canopy		Height, m	Crown projection area, m ²	Volume of crown, m ³	Vitality spectrum, %					
								Index of vitality Ln, %					
Uktus Forest Park													
1	Reed grass pine forest	6C4B	0.6	844	0.81±0.03	0.22±0.02	0.06±0.01	20	63,3	16,7	0	0	83
2	Reed grass pine forest	8C2B	0.7	778	0.55±0.03	0.07±0.01	0.02±0	10	76,6	13,4	0	0	83
3	Rocky steppe	–	–	422	0.66±0.04	0.15±0.04	0.04±0.02	50	50	0	0	0	87
4	Rocky steppe	–	–	411	0.41±0.02	0.03±0	0.01±0	53.3	36,6	6,6	3,5	0	83
X ± mx				613,7	0.60±0.03	0.11±0.01	0.03±0.01	33.3	56.6	9.1	0.8	0	84
Forest Park named after Foresters of Russia													
5	Berry pine forest	10C	0.6	344	1.29±0.10	0.82±0.19	0.49±0.17	43.3	56.7	0	0	0	71
6	Berry pine forest	6C4B	0.5	667	0.72±0.06	0.12±0.02	0.04±0.01	56.6	30	13.4	0	0	69
7	Grass meadow	–	–	444	1.03±0.03	0.18±0.01	0.06±0.01	66.6	23.4	10	0	0	85
8	Grass pine forest	6C4B	0.8	144	0.50±0.04	0.18±0.03	0.04±0.01	46.6	50	3.4	0	0	82
X ± mx				399,7	0.88±0.05	0.32±0.06	0.15±0.05	53.3	40	6.7	0	0	76.7

Таблица 2

Климатическая характеристика района исследования

Год	Средние климатические характеристики					
	Средне-годовые температуры, °С	Сумма осадков всего за год, мм	Высота снежного покрова, мм	Средняя температура июля, °С	Средняя температура января, °С	Сумма осадков за вегетационный период, мм
2018	+2,6	473	17,3	+20,9	-14,1	280
2019	+4,0	583	19,5	+19,5	-11,4	358
Среднее	+3,3	528	18,4	+20,2	-12,8	319

Table 2

Climatic characteristics of the area

Year	Average climatic characteristics					
	Mean annual temperatures, °C	Annual precipitation, mm	Snow depth, mm	Mean July temperature, °C	Mean January temperature, °C	Total precipitation per season, mm
2018	+2.6	473	17.3	+20.9	-14.1	280
2019	+4.0	583	19.5	+19.5	-11.4	358
Average	+3.3	528	18.4	+20.2	-12.8	319

В результате исследования онтогенетической структуры фрагментов ценопопуляций *Rosa acicularis* выявлено, что все они являются нормальными, полночленными и способны к самоподдержанию семенным и вегетативным путем. В онтогенетическом спектре выделены три периода и шесть онтогенетических состояний (рис. 1, табл. 3). По величине представленности онтогенетических групп можно сделать вывод о времени существования ценопопуляции и направлении ее развития. Возрастная структура розы иглистой имеет три типа одновершинного спектра — левосторонний (максимум приходится на виргинильные и имматурные особи от 36,6 до 63,3 % (ФЦП1, 3, 4, 5, 6, 7)), центрированный (преобладают средние генеративные растения до 46,6 % (ФЦП8)) и правосторонний (максимум приходится на старой генеративной особи до 33,4 % (ФЦП2)).

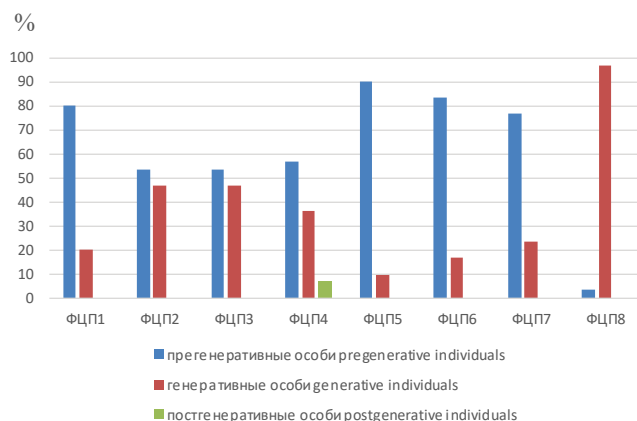


Рис. 1. Онтогенетический спектр фрагментов ценопопуляций *Rosa acicularis*

Fig. 1. Ontogenetic spectrum of fragments of *Rosa acicularis* coenopopulations

Распределение особей *Rosa acicularis* по онтогенетическим группам
Distribution of *Rosa acicularis* individuals by ontogenetic groups

Номер ФЦП / FCP number	Онтогенетические группы / Ontogenetic groups						Демографические показатели / Demographic indicators				
	im	v	g1	g2	g3	ss	Индекс возраст- ности / Age index	Индекс заме- щения / Index of substi- tution	Индекс восстано- вления / Recovery index	Индекс эффектив- ности / Efficiency index	Индекс старения / Aging index
1	26.6	53.3	10	6.6	3.5	0	0.16	4	4	0.44	0
2	20	33.2	13.6	0	33.4	0	0.32	1.14	1.14	0.54	0
3	36.6	0	16.7	30	16.7	0	0.33	0.57	0.57	0.62	0
4	43.3	13.3	16.6	20	0	6.8	0.24	1.3	1.54	0.49	0.06
5	60	30	10	0	0	0	0.20	1.5	1.5	0.58	0
6	20	63.3	6.6	6.6	3.5	0	0.16	5	5	0.44	0
7	33.3	43.3	10	10	3.4	0	0.16	3.28	3.28	0.44	0
8	3.5	0	36.6	46.6	13.3	0	0.43	0.03	0.03	0.86	0

Левосторонний спектр формируется в местообитаниях с разреженным растительным покровом, это подтверждают индексы восстановления и замещения от 1,3 до 5 (исключение составляет ФЦП3). Центрированный спектр обусловлен в местах с выходом горных пород на поверхности почвы, что приводит к элиминации особей на ранних этапах развития. Индексы восстановления и замещения, которые отражают динамические процессы в ценопопуляции, установлены равными 0,3, что говорит о слабом восстановительном процессе. Правосторонний спектр, вероятно, связан с антропогенной нагрузкой, так как вблизи проходит дорожно-тропиночная сеть и зона отдыха.

Оценка индексов возрастности и эффективности в исследованных фрагментах ценопопуляций *Rosa acicularis* показала, что шесть фрагментов (ФЦП1, 2, 4, 5, 6, 7) относятся к молодым, ФЦП3 — зрелой и ФЦП8 — зрелой (рис. 2).

Для того чтобы оценить состояние местообитаний розы иглистой в лесопарках г. Екатеринбурга, внедрили комплексный подход на основе организменных и популяционных показателей (табл. 4, рис. 3). Наибольшие организменные признаки у единичных особей *Rosa acicularis* установлены в сосняке ягодниковом (ФЦП5) (15 баллов). Самые низкие значения имеют растения в каменистой степи (ФЦП4), что, видимо, связано с высокой долей имматурных особей (43,3 %), которые имеют низкие морфометрические значения, и высокой скелетностью почв.

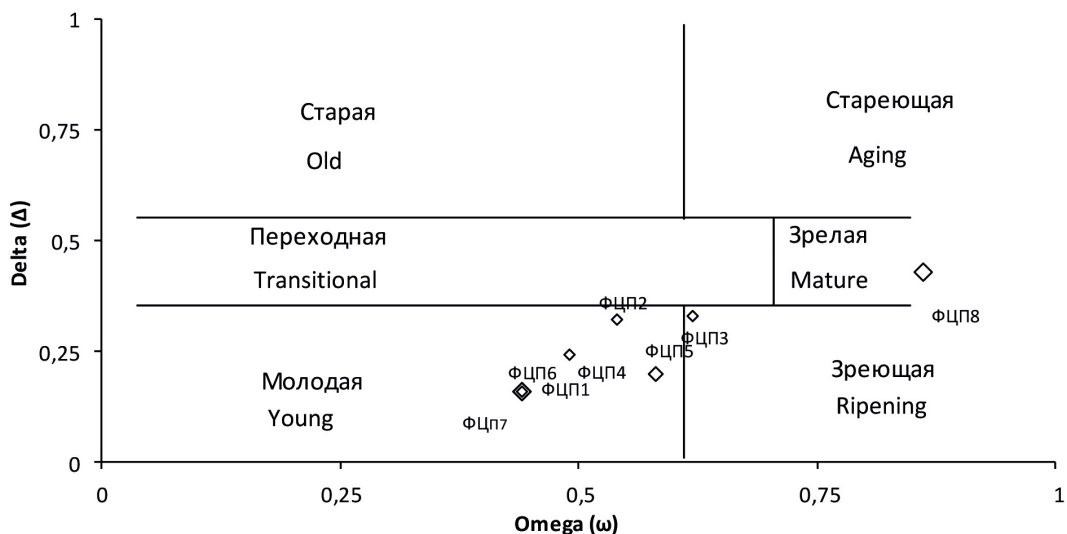


Рис. 2. Распределение местообитаний *Rosa acicularis* в координатах Delta – Omega

Fig. 2. Habitat distribution of *Rosa acicularis* in coordinates «Delta – Omega»

Таблица 4 / Table 4

Балловые оценки величины признаков *Rosa acicularis*

Scores for *Rosa acicularis* characteristics

Параметры / Parameters	Баллы / Points				
	I	II	III	IV	V
Организменные признаки особей / Organistic signs of individuals					
Высота растений, м / Plant height, m	< 0.41	0.41...0.63	0.63...0.85	0.85...1.07	1.07...1.29
Площадь проекции кроны, м ² / Crown projection area, m ²	< 0.03	0.04...0.23	0.24...0.43	0.44...0.63	0.64...0.83
Объем кроны, м ³ / Crown volume, m ³	< 0.01	0.01...0.13	0.13...0.25	0.25...0.37	0.37...0.49
Популяционные признаки / Population signs					
Общая плотность, экз./га / Total density, ind./ha	< 144	144...319	319...494	494...669	669...844
Доля im- v,% / Share im- v,%	< 3.5	3.5...25.1	25.1...46.7	46.7...68.3	68.4...90.0
Доля g1-g2,% / Share g1-g2,%	< 10	10...28.3	28.3...46.6	46.6...64.9	64.9...83.2
Индекс виталитета,% / Index of vitality,%	< 69	69...73.5	73.5...78.0	78.0... 82.5	82.5...87.0

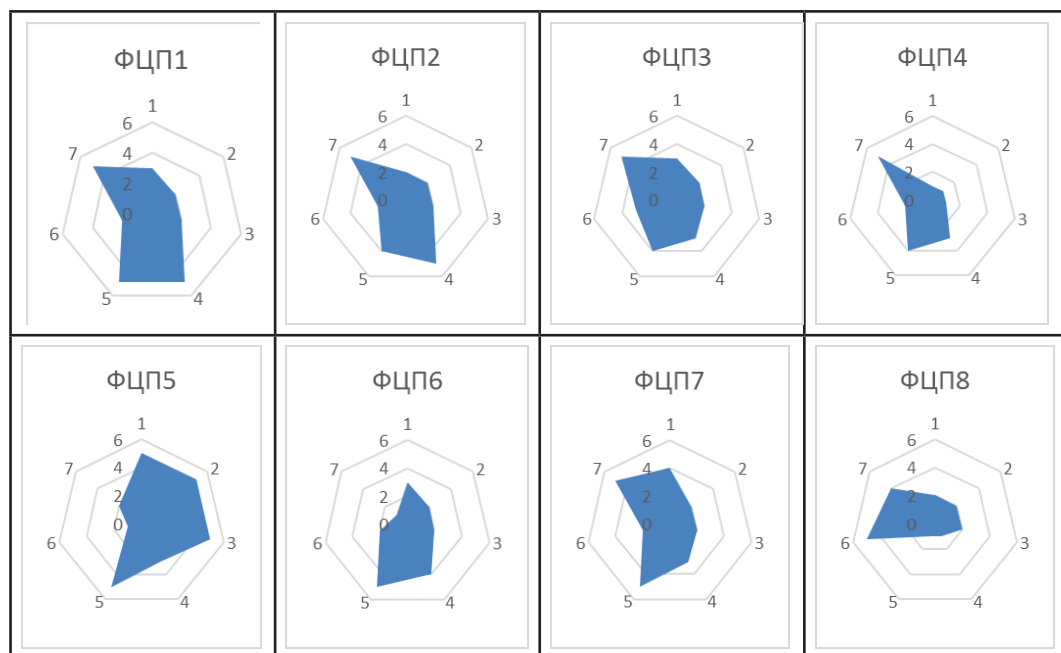


Рис. 3. Анализ состояния фрагментов ценопопуляций *Rosa acicularis*, баллы: организменные признаки: 1 – высота растения; 2 – площадь проекции кроны; 3 – объем кроны; популяционные признаки: 4 – плотность фрагмента ценопопуляции; 5 – доля im-v; 6 – доля g1-g2; 7 – индекс виталитета; 1...5 – баллы

Fig. 3. Assessment of the state of fragments of *Rosa acicularis* coenopopulations in points: Organismic characteristics: 1 – plant height; 2 – crown projection area; 3 – crown volume. Population characteristics: 4 – density of coenopopulation fragment; 5 – share im-v; 6 – share g1-g2; 7 – index of vitality; 1...5 – points

По демографическим параметрам максимальное значение установлено в сосняке вейниковом (ФЦП1 (17 баллов) и ФЦП2 (16 баллов)), а самый низкий показатель — в сосняке разнотравном (11 балла). Суммарное соотношение баллов показывает, что реальный оптимум *Rosa acicularis* складывается в сосняках ягодниковом (ФЦП5) и вейниковом (ФЦП1). Местообитания характеризуются высокими морфологическими показателями, плотностью и высокой долей в прегенеративном периоде.

Выводы

Исследованные фрагменты ценопопуляции *Rosa acicularis* являются нормальными и полночленными с одновершинными левосторонними, центрированными и правосторонними онтогенетическими спектрами, которые способны формировать самоподдерживающиеся в течение несколько поколений местообитания и распространяться на значительной территории. Различия в онтогенетической структуре зависят от влияния антропогенного пресса, эколого-ценотических условий обитания розы и варьирования природно-климатических условий. При анализе параметров ценопопуляций выявили, что наилучшими для существования розы являются условия в сосняке ягодниковом (ФЦП5) в лесопарке им. Лесоводов России и сосняке вейниковом (ФЦП1) в Уктусском лесопарке, где местообитания

характеризуются высокими морфологическими показателями, численностью и высокими значениями долевого участия прегенеративной фракции.

Библиографический список

1. Agaoglu Y.S. Rose oil industry and the production of oil rose (*Rosa damascena* Mill) in Turkey // *Biotechnol. and Biotechnol. Equip.* 2000. Vol. 14. No. 2. P. 8—15. doi: 10.1080/13102818.2000.10819079
2. Balick M.J., Kronenberg F., Ososki A.L. Medicinal plants used by Latino healers for women's health conditions in New York City // *Econ. Bot.* 2000. Vol. 54. No. 3. P. 344—357. doi: 10.1007/BF02864786
3. Pimenov A.V., Shemderg M.A. Chemical polymorphism of *Rosa* L. in the contrast climatic conditions // *Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems: Conference Abstracts.* Joensuu, Finland, 1995. P. 60.
4. Geissman T.A. The chemistry of flavonoid compounds. London: New York, 1962. 154 p.
5. Du H., Zhang X., Zhang R., Zhang L., Yu D., Jiang L. Extraction and the fatty acid profile of *Rosa acicularis* seed oil // *Journal of oleo science.* 2017. Vol. 66. No. 12. P. 1301—1310. doi: 10.5650/jos.ess17006
6. Васфилова Е.С., Третьякова А.С., Подгаевская Е.Н., Золотарева Н.В., Хохлова М.Г., Игошева Н.И. и др. Дикорастущие лекарственные растения Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 204 с.
7. Gustafsson A., Schroderheim J. Ascorbic acid and hip fertility in *Rosa* species // *Nature.* 1944. Vol. 153. Pp. 196—197. doi: 10.1038/153196a0
8. Wegg S.M., Townsley P.M. Ascorbic acid in cultured tissue of briar rose, *Rosa rugosa* Thunb // *Plant Cell Reports.* 1983. Vol. 2. P. 78—81. doi: 10.1007/BF00270170
9. Макаров А.А. Лекарственные растения Якутии. Якутск: Бичик, 2001. 128 с.
10. Кожевников А.П., Костарев И.Н. Внедрение древесных интродуцентов в состав подлеска лесопарков г. Екатеринбурга // *Леса России и хозяйство в них.* 2018. № 4 (67). С. 49—56.
11. Кожевников А.П., Тишкина Е.А., Чермных А.И. *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask. в подлеске основных лесопарков Екатеринбурга // *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета.* 2018. Т. 16. № 4. С. 30—37.
12. Кожевников А.П., Кожевникова Г.М., Капралов А.В. Лесные ресурсы Урала для рекреации и познавательного туризма. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 156 с.
13. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоденологии // *Проблемы ботаники: сб. статей.* 1950. Вып. 1. С. 465—483.
14. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // *Биологические науки.* 1975. № 2. С. 7—34.
15. Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // *Жизнь популяций в гетерогенной среде.* Ч. 1. 1998. С. 146—149.
16. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // *Экология.* 2001. № 1. С. 3—7.
17. Жукова Л.А. Внутрипопуляционное биоразнообразие травянистых растений // *Экология и генетика популяций.* 1998. С. 35—47.
18. Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В., Евстигнеев О.И., Коротков В.Н., Митрофанова М.В. и др. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР). Пущино: Пущинский Научный центр РАН, 1990. 92 с.
19. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение.* 1989. № 4. С. 51—57.
20. Тишкина Е.А., Чермных А.И. Исследование эколого-фитоценотической приуроченности розы иглистой (*Rosa acicularis* L.) в лесопарковой зоне г. Екатеринбурга // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство.* 2019. Т. 14. № 1. С. 49—56. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-49-56

References

1. Agaoglu Y.S. Rose oil industry and the production of oil rose (*Rosa damascena* Mill) in Turkey. *Biotechnol. and Biotechnol. Equip.* 2000; 14(2):8—15. doi: 10.1080/13102818.2000.10819079
2. Balick MJ, Kronenberg F, Ososki AL, Reiff M, Fugh-Berman A, Roble M, et al. Medicinal plants used by Latino healers for women's health conditions in New York City. *Econ. Bot.* 2000; 54(3): 344—357. doi: 10.1007/BF02864786

3. Pimenov AV, Shemderg MA. Chemical polymorphism of *Rosa L.* in the contrast climatic conditions. *Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems: Conference Abstracts*. Joensuu, Finland; 1995.
4. Geissman TA. (ed.) *The chemistry of flavonoid compounds*. London — New York: Pergamon-Macmillan; 1962.
5. Du H, Zhang X, Zhang R, Zhang L, Yu D, Jiang L. Extraction and the fatty acid profile of *Rosa acicularis* seed oil. *Journal of Oleo Science*. 2017; 66(12):1301—1310. doi: 10.5650/jos.ess17006
6. Vasfilova ES, Tret'yakova AS, Podgaevskaya EN, Zolotareva NV, Khokhlova MG, Igosheva NI, et al. *Dikorastushchie lekarstvennyye rasteniya Urala* [Ural wild medicinal plants]. Ekaterinburg: Ural University publ.; 2014.
7. Gustafsson A, Schroderheim J. Ascorbic acid and hip fertility in *Rosa* species. *Nature*. 1944; 153:196—197. doi: 10.1038/153196a0
8. Wegg SM, Townsley PM. Ascorbic acid in cultured tissue of briar rose. *Rosa rugosa* Thunb. *Plant Cell Reports*. 1983; (2):78—81. doi: 10.1007/BF00270170
9. Makarov AA. *Lekarstvennyye rasteniya Yakutii* [Medicinal plants of Yakutia]. Yakutsk: Bichik publ.; 2001.
10. Kozhevnikov AP, Kostarev IN. The introduction of woody introduced species into the undergrowth of forest parks in Yekaterinburg. *Les Rossii i khozyaistvo v nikh*. 2018; (4):49—56.
11. Kozhevnikov AP, Tishkina EA, Chernnykh AI. *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask. in the forest parks of the Yekaterinburg. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*. 2018; 16(4):30—37.
12. Kozhevnikov AP, Kozhevnikova GM, Kapralov AV. *Lesnye resursy Urala dlya rekreatsii i poznavatel'nogo turizma* [Forest resources of the Urals for recreation and educational tourism]. Ekaterinburg: UGLTU publ.; 2009.
13. Rabotnov TA. Questions of studying the composition of the population for the purposes of phytocenology. In: *Problemy botaniki. Vyp.1.* [Problems of botany. Vol. 1]. 1950; p.465—483.
14. Uranov AA. Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes. *International Research Journal*. 1975; (2):7—34.
15. Glotov NV. Assessment of parameters of age structure in plant populations. In: *Zhizn' populyatsii v geterogennoi srede. Ch.1* [Life of populations in a heterogeneous environment. Part 1]. Yoshkar-Ola: Periodika Marii El; 1998. p.146—149.
16. Zhivotovsky LA. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations. *Russian Journal of Ecology*. 2001; (1):3—7.
17. Zhukova LA. Intrapopulation biodiversity of herbaceous plants. In: *Ekologiya i genetika populyatsii* [Ecology and genetics of populations]. Yoshkar-Ola; 1998. p.35—47.
18. Smirnova OV, Chistyakova AA, Popadyuk RV, Evstigneev OI, Korotkov VN, Mitrofanova MV, et al. *Populyatsionnaya organizatsiya rastitel'nogo pokrova lesnykh territorii (na primere shirokolistvennykh lesov evropeiskoi chasti SSSR)* [Population organization of the vegetation cover of forest areas (on the example of deciduous forests of the European USSR)]. Pushchino: PNTc RAN publ.; 1990.
19. Alekseev VA. Diagnostics of vital state of trees and forest stands. *Russian Journal of Forest Science*. 1989; (4):51—57.
20. Tishkina EA, Chernnykh AI. Ecological and phytocenotic characteristics of *Rosa acicularis* L. in Ekaterinburg forest park zone. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(1):49—56. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-49-56

Об авторе:

Тишкина Елена Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории экологии древесных растений Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 202а; доцент кафедры экологии и природопользования Уральского государственного лесотехнического университета, Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д. 36; e-mail: Elena.MLOB1@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-6315-2878

About the author:

Tishkina Elena Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Laboratory of Ecology of Woody Plants, Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 202a, 8 Marta st., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; Associate Professor, Department of Ecology and Nature Management, Ural State Forest Engineering University, 36, Sibirskiy trakt st., Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: Elena.MLOB1@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-6315-2878

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-18-29
UDC 615.322:664:636:631.95

Research article / Научная статья

Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding

Ekaterina V. Solomonova^{1*}, Nikolay A. Trusov², Tatiana D. Nozdrina³

¹Moscow educational complex WEST, Moscow, Russian Federation

²Tsytsin Main Moscow Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: solomonova_k@mail.ru

Abstract. The relevance of the search for alternative plant raw materials to enrich the diets of population throughout the world, including in the Russian Federation, is explained by global mass year-round insufficiency of biologically active nutrients in food. This work is aimed at identifying the most promising food plant species from the list, proposed on basis of long-term observations by staff of Tsytsin Main Moscow Botanical Garden of Russian Academy of Sciences (MBG RAS), by bachelors, studying in direction 06.03.01 (Biology) at Moscow State University of Food Production. The research materials (2016—2018) are fruits of hawthorns, rosehips, quince, eleutherococcuses, medlar, mahonia, spindle tree, yews, sumacs, oaks, red-fruited honeysuckles and needles of coniferous plants. Research results indicate the value of studied raw materials as a whole and its advantages in compared species within the genus of plants. Some recommendations for practical usage were made. The following things have been proposed: separation of fruit pulp and seeds before drying of fruits of *Crataegus submollis* and more preferable *C. punctata*; wide plantation cultivation of rosehips *Rosa amblyotis* and *R. oxyodon*; non-waste separate application of pericarp and seeds of *Cydonia oblonga*, *Mespilus germanica* and *Mahonia aquifolium*; medicinal use of fruits of *Eleutherococcus sessiliflorus*, and more preferable *E. senticosus*; further study of cones of *Taxus baccata* and *T. × media*; as a spice there is usage of fruits of *Rhus typhina*; obtaining unique oils from fruit pulp of *Lonicera glehnii*, *L. ferdinandii*, *L. maackii* and arils of *Euonymus europaeus*; usage of acorns of *Quercus robur*, *Q. rubra* and needles of *Picea abies*, *Pinus sylvestris* in feed production. Thus, possibilities of intensifying plant resource usage in the food industry and agriculture were discovered, primarily due to fruits of native introduced species. It is necessary to continue search and further study of the most promising species — sources of alternative plant raw materials.

Key words: alternative plant raw materials, fruits, introduced species

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

Article history:

Received: 28 July 2020. Accepted: 28 December 2020

© Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D., 2021



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

For citation:

Solomonova EV, Trusov NA, Nozdrina TD. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):18–29. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-18-29

Introduction

The importance of search for new sources of high-quality food raw materials has a state level. It is associated with a lack of vitamins and micronutrients in food of Russian population, with problems of import substitution.

Currently, lack of various nutrients in diets is a global world problem. Significant deterioration of the environment over the past 100...150 years has led to emergence of extensive biogeochemical provinces with a low content of trace elements in drinking water, in plant and animal products. The content of ascorbic acid in domestic fruits and vegetables has not changed over the last 70 years [1]. However, vitamin C deficiency is found in 60...80 % of Russians, and scurvy still can lead to death in some countries [2, 3]. Monitoring the level of other vitamins in the blood of Russians in 2015—2016 revealed a lack of vitamin D in 57.5 % of adult working-age population, B vitamins — in 12.6...34.5 %, carotenoids and tocopherols — in 5.3...10.8 %, three or more vitamins — in 22...38 % [4]. Only 10 % of Russian's population is fully provided with vitamins [5]. In addition, 80 % of humanity experiences a lack of dietary fiber in their diet. The population of Russian Federation receives only 60...65 % of fiber, and only due to use of vegetables, fruits and wholemeal flour [6].

The causes of mass and year-round lack of vitamins were revealed: reduction of incoming food's volume at physiological raise standards of consumption of many vitamins; use of highly refined foods; the inability of organism to accumulate many vitamins; unbalanced diets; loss of vitamins during cooking of products; bad habits, etc. [7].

State regulates the introduction of vitamin-mineral complexes in therapeutic diets in a dose of 50...100 % of physiological norm of consumption¹. However, this measure is not sufficient to correct the current situation. Undoubtedly, search for other possibilities of enriching food with necessary nutrients in Russia is relevant. Plant fruits are characterized by high content of dietary supplements, so they should be tested and studied as food raw materials in the first place.

It is promising to use vitamins and minerals in the form of vitamin-mineral complexes, or for enrichment of food products of mass consumption [4, 7, 8]. Unfortunately, at present, only foreign vitamin substances are used mainly in medicine, agriculture and food production [4]. In accordance with Russian Federation's policy, aimed at import substitution, the maximum use of nutritional potential of domestic plants, both natural and introduced species, is required.

Safe, environmentally friendly, alternative raw materials of plant origin, including those from fruits of wild plants, are not involved widely yet in economic-food turnover [9—12]. However, «the integrated use of plant raw materials based on a rational

¹ The act of the ministries and departments «On the approval of the norms of medical nutrition» dated 21.06. 2013 № 395n.

combination of traditional and non-traditional types of raw materials ... and creation of technologies for production of qualitatively new food products» is provided according to the «Concept of the state policy in the field of healthy nutrition of the Russian Federation population for the period until 2020».

Along with foregoing, development of ecologically pure animal husbandries branch is required to saturate diet of Russians with necessary biologically safe nutrients. Cultivated animals should be provided with high-quality plant foods with high content of vitamins, trace elements and dietary fiber. To solve this problem, plant raw materials inedible for humans, such as needles, acorns, etc., also can be considered.

It is known that both vegetative and generative parts of plants accumulate substances, including biologically active ones, differently. In addition to the differences in biochemistry and ash content of different parts of perennial plants, there are other, «technological», features of their food and medicinal use.

Vegetative organs (stems, roots, leaves) are not as unique in chemical composition as generative ones. In perennial plants, without injuring them, only leaves can be collected and used annually. Lignified stems, roots and rhizomes are difficult to renew, although sometimes they are valuable resource, such as, for example, at *Eleutherococcus senticosus*.

Generative organs of plants are flowers and fruits. They, like leaves, are easily renewable, seasonal, usually annual resources, but of increased biochemical value. Flowers, unlike fruits, are often insignificant in biomass. Fruits of the plant kingdom are diverse in structure types, shape, size and other characteristics. Functioning of fruits is closely related to their morphology and anatomy. On the basis of fruits botanical assessment through their careful, scrupulous, fundamental study through microscopy, measurements and weighing, it is possible to draw conclusions about nature, localization and abundance of substances, accumulated in fruit and its components. Obtaining the model of developing and mature fruit is necessary to solve practical problems in optimizing of deadlines collecting raw materials, identifying possibilities of most appropriate and full use of it, as well as plant breeding, for example, to increase size of most valuable fruit parts.

Thus, classical botanical study of plant raw materials and, especially, fruits, with parallel biochemical testing, is relevant and promising in food and agronomic universities.

Materials and methods

As part of valuable plants fruits study, fruitful cooperation between Moscow State University of Food Production and Tsytin Main Moscow Botanical Garden of Russian Academy of Sciences (MBG RAS). MBG RAS has a huge collection of introduced species, vegetating and bearing in central Russia. In particular, in the arboretum of MBG RAS, plants are arranged according to systematic principles. Representatives of each genus are grown on one exposure, under the same conditions. This makes it possible to compare plants and their fruits.

To conduct research on collections of potentially valuable food plants, a «working resource» is needed. In our case, these are bachelors, studying in direction

06.03.01 — Biology, who received basic knowledge in botany, plant physiology, and environmental disciplines, understanding basic principles of fruit structure.

According to the standard low-cost scheme for studying fruits by morphological and anatomical structure, size and weight indicators, testing for vitamin C, students identified the most promising alternative to traditional plant species as plant biologically safe raw materials from list, proposed on basis of long-term observations by employees of MBG RAS.

For a number of years (2016—2018), the fruits of hawthorns, rosehips and quince were studied as alternative to fruits of traditional pome trees; fruits of eleutherococcus as edible and at the same time medicinal; rich in ascorbic acid fruits of exotic medlar and mahonia, introduced in central Russia; promising oil-bearing fruits of red-fruited honeysuckles and spindle tree; yew fruits with edible arils; sumac fruits used as spices; fruits of oaks and needles of coniferous plants as raw materials for animal feed [13—19].

Research results of woody plants resource potential

Analysis of literature showed that plants that were closely related to objects of our research were cultivated in a number of countries (rarely or never in the Russian Federation) because of edible, sometimes even medicinal fruits, rich in biologically active substances.

Hawthorns. Fruits of two species were studied: *Crataegus submollis* Sarg. and *C. punctata* Jacq.

Content of vitamin C in dried raw materials was determined. Fruits of *C. submollis* were most rich in ascorbic acid; only 109 g contain daily dose of vitamin C.

Results obtained by us allowed recommending the following fruit species successfully introduced in Moscow region: *C. punctata* and *C. submollis* for widespread use in the food industry and feed production. Fruits of *C. submollis* were more preferable in raw quality, because in comparison with fruits of *C. punctata*, they were larger (19 × 17 mm against 16 × 17 mm, respectively); proportion of pericarp was higher in absolutely dry fruits of *C. submollis* (92 % against 85 %, respectively), proportion of stones, conversely, was lower (85 % against 89 %, respectively); and they were also better in organoleptic characteristics (taste, smell, texture).

During morphological and anatomical study of hawthorn fruits it was revealed that stones were covered with a stony coat. In case of raw material procurement for feed production, it is proposed to separate fruit pulp from stones, which can ulcerate the gastrointestinal tract of animals. It was found that separation was easy to implement only in fresh fruits, before their drying.

Rosehips. Fruits of three rosehips species, that have been preserved long on plants have been studied: *Rosa amblyotis* C.A. Mey, *R. oxyodon* Boiss. and *R. maximowicziana* Regel. Superiority of infructescence of *R. amblyotis* and *R. oxyodon* over infructescence of *R. maximowicziana* was established by following parameters: larger and more massive infructescence, more powerful hypanthium, higher content of ascorbic acid (4180, 2200 and 880 mg%, respectively). It is important that in terms of content of vitamin C, *R. amblyotis* and *R. oxyodon* are not inferior to species of rosehips, that are currently used in food and pharmaceutical industries.

Performed comparative complex morphological and anatomical, and biochemical researches allow us to recommend new promising species of rosehips for plantation cultivation in central Russia and implementation in industrial production: *R. amblyotis* and *R. oxyodon*. Both species are well adapted to appropriate environmental and climatic conditions, their fruits have advantages for use in the food industry.

Quince. Comparison of fruits of *C. oblonga* from the arboretum of MBG RAS with imported ones from free sale was made.

High content of ascorbic acid in fruits of *C. oblonga* was determined, approximately the same in fruits of compared samples. Only 33 g of fruits contains a daily dose of vitamin C.

It was also established that seeds of *C. oblonga*, collected at MBG RAS, contain oils (15.8 %), which indicates the prospects of their use as a source of fatty oils.

Nutritional use of fruits of *C. oblonga* can be non-waste, because both pericarp and seeds are rich in biologically active substances; there is a possibility of additional extraction of oils from oilcake after using the fruit pulp.

Infection of imported raw materials with fungal hyphae was detected (in fruit nests).

Thus, the competitiveness and economic benefits of using in the food industry significantly smaller fruits of introduced *C. oblonga* in comparison with imported fruits were shown.

Eleutherococcuses. Fruits of *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim. and *E. sessiliflorus* (Rupr. & Maxim.) S.Y. Hu were investigated.

At the moment, only roots of these plants are actively used as medicines. According to literature, fruits of *Eleutherococcus* are also rich in various biologically active substances, including valuable adaptogens — eleutherosides.

We found out that fruits of *E. senticosus* and *E. sessiliflorus* contained 0.3 g and 0.27 g of ascorbic acid, respectively. Advantages of using *E. senticosus* in the breeding and food industry were revealed, considering ratio of fruit pulp to fruit volume.

Medlar. Taste and biochemical features, that determine them, in fruits of introduced *Mespilus germanica* L. were revealed. Significant content of ascorbic acid was found. Only 190 g of dried fruit is able to make up for daily norm of vitamin C. According to literature, mature medlar fruits from more favorable growing conditions contain approximately the same amount of ascorbic acid, in addition to natural antioxidants, anti-radiants, carotenoids, pectin and bioflavonoids.

We determined that stones of fruits, grown in Moscow region conditions, occupied about 45 % of fruit volume. Value of unique «antiaging» oils, obtained from them, involves cultivation of *M. germanica* in central Russia, primarily for use in cosmetics industry. In case of separate using of fruits pulp in food industry, and stones — in cosmetology, it is recommended to separate them from each other in fresh fruits before drying raw materials.

Mahonia. Content of vitamin C in one fruit of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., reaching 109.5 mcg, was determined. According to literature, the plant is medicinal, due to the content of alkaloids berberine and berbamine; fruits are edible. Presumably, water-soluble vitamin C and alkaloids are extracted from raw materials together; it is probably that therapeutic effect of berberine and berbamine is enhanced by even a small amount of ascorbic acid.

Oil content of seeds of *M. aquifolium* was determined, on average 8.7 % of the total weight of one seed. Thus, not only pericarp, but also seeds, interesting as a source of essential fatty acids, are valuable in the fruit of mahonia.

Seeing large yield and high resistance of this species to environmental factors, it is possible to consider using of fruits pulp and seeds of *M. aquifolium* in industrial model of non-waste production.

Yews. Cones of three species of yews were studied — *Taxus baccata* L., *T. × media* and *T. canadensis* Marshall.

In study of anatomical structure of arils and seeds, we did not reveal significant differences.

It was found that *T. × media* cones were the largest, *T. canadensis* cones were the smallest. Cones of *T. baccata* occupy middle position among studied species. Comparison with literary sources showed that galberries of *T. baccata*, collected in an arboretum of MBG RAS, were superior in length and diameter to those, growing in natural conditions.

It was found that arils of *T. baccata* and *T. × media* were superior to *T. canadensis* arils in their sizes and content of dry matter in cones.

Using of yews arils like food or medicine, as in some foreign countries, may have a positive effect on the organism generally, due to content of vitamins, carotenoids and organic acids, necessary to person. For further study, we recommend species *T. × media* and *T. baccata*, because their arils proved more promising raw material for creature of nutritive products than *T. canadensis*'s arils.

Sumac. Objects of research were fruits of *Rhus typhina* L., in comparison with dried, crushed fruits of *R. coriaria* L., purchased in free sale in form of spice «sumac».

Organoleptic evaluation of two species of sumac did not reveal differences between them, with exception to color.

Similarity of morphological and anatomical structure of fruits of two species was revealed.

During analysis of size and weight parameters of fruits, as well as corresponding literature data, it was found that fruits of *R. coriaria* were 17...33 % larger than fruits of *R. typhina*.

Amounts of vitamin C (62...65 mg%) determined and absolutely dry matter in air-dry (91...97 %) in *R. coriaria* fruits slightly exceeded similar parameters in *R. typhina* fruits, which allowed us to conclude biochemical similarity of raw materials from fruits of both species.

We found a high degree of conformity of *R. typhina* fruits to *R. coriaria* fruits in many ways, which means potential application of *R. typhina*'s fruits as spice in the food industry. Considering possibilities of cultivating of *R. typhina* on industrial scale under conditions of introduction, including territory of Moscow and Moscow Region, *R. typhina* may be more beneficial to use than its competitor — *R. coriaria*.

Research results of alternative oil plants

Red-fruited honeysuckles. Fruits of red-fruited honeysuckles of three species were studied: *Lonicera glehnii* F. Schmidt, *L. ferdinandii* Franch and *L. maackii* (Rupr.) Maxim., as potential new sources of plant oils.

Red-fruited honeysuckles is not commonly regarded as fruit plant, since berries of all their species are inedible, even poisonous. According to published data, pericarp of red honeysuckles possesses a large number of carotenoids and tocopherols, extracted together with non-toxic lipid fraction of unique fatty acid composition, which can serve as dyes and valuable vitamin nutritional supplements. Our studies have confirmed abundance of oil inclusions not only in seeds cells, but also in pericarps cells of *L. glehnii*, *L. ferdinandii* and *L. maackii*. Quantity of crude oil in fruits is in range of 4.47...15.69 %. It was found, that fruits of studied honeysuckles species possessed an insignificant supply of ascorbic acid.

Spindle tree. Fruits of *Euonymus europaeus* L. were investigated. The main feature of spindle tree fruits, in our opinion, is their oil content. Fatty oils of arils (content of oil more than 50 %) and seeds (content of oil is 20...50 %) are not identical in composition. Presence of large number of oil inclusions in cells of aril, endosperm and germ was confirmed. High content of oil in arils and seeds (39 and 42 %, respectively) was revealed. Oil inclusions in cells of seed coat and pericarp were not detected. For the first time, content of ascorbic acid in fruits was established; the largest one — in pericarp (13.48 mcg), intermediate — in arils (4.49 mcg) and the smallest one — in seeds (1.96 mcg).

Based on data obtained, spindle tree fruits can be used as promising oilseed raw materials for non-waste production: it is possible to obtain oils from arils and seeds, and ascorbic acid from pericarp.

Research results of plant raw materials for fodder additives

Oaks. The fruits (acorns) of 2 species of oaks: natural *Quercus robur* L. and introduced species — *Q. rubra* L., were investigated.

It was found, that mass of inedible pericarp (shell) with respect to mass of entire fruit was 16.19 and 36.91 % for *Q. robur* and *Q. rubra*, respectively, which corresponded to literature. Content of absolutely dry matter in fruits of *Q. robur* (96.25 %) and *Q. rubra* (95.75 %) was determined.

It was found that content of ascorbic acid in terms of daily dose in fruits of compared samples was different. One acorn of *Q. robur* contained on average 0.054 g of vitamin C, and one acorn of *Q. rubra* — 0.047 g.

Thus, possibilities of using their fruits as source of starch, vitamins, oils and other nutrients were identified. Despite the fact, that according to results of our research, fruits of *Q. rubra* are inferior to fruits of *Q. robur* in all respects, it is recommended by us to consider acorns of both plants as raw materials for fodder production and creation of biologically active additives.

Coniferous plants. In Russia, volume of forest organic matter, used in harvesting and processing of forest, significantly exceeds volume of waste, unused during this.

We agree with authors who regard forest resources as additional fodder base for animal husbandry, due to natural renewability, impressive amount, accessibility and the possibility of year-round use.

In addition, according to European standards, feed crops, grown without use of pesticides, herbicides and mineral fertilizers are necessary to obtain environmentally

friendly livestock products. Coniferous plants of the forest part of Russian Federation correspond to these requirements.

Coniferous shoots of *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L., and *Juniperus communis* L. were selected as objects of our research.

It was shown, that mass of needles per 1 cm of shoot in *P. sylvestris* was the largest one (0.46 g/cm), while needles of *P. abies* and *J. communis* contained more ascorbic acid (0.76 and 0.73 mg%, respectively).

Currently, coniferous shoots of *P. abies* and *P. sylvestris* coniferous plants are logging waste and are not included in economic turnover. At the same time, they are promising for use in environmentally friendly livestock and food industries.

Conclusion

According to literature, 700...1000 species of wild fruit plants grow in Russia. Despite the richness of their fruits with natural antioxidants, anti-radiants, pectin, bioflavonoids and vitamins A, E and C, only about 50 plant species are used in food production.

Harvesting raw materials from wild plants in natural habitats is difficult for technical and environmental-biological reasons: geographical remoteness and scattered arrangement of some plant species, lack of roads, need to comply with collection regulations, etc. Alternative is plantation cultivation of valuable plants in nurseries.

Most promising species according to results of comprehensive assessment can be the basis for cultivation — introduced species from world flora of fruit plants, presented in collections of Russian botanical gardens.

Fruits of local plants are often not inferior to raw materials imported from abroad in terms of biochemical characteristics (vitamin C content, oil content) and absolutely dry matter, although they can lose in size of fresh fruits. Thus, possibilities of intensifying use of plant resources in food industry and agriculture were discovered, primarily due to fruits of native introduced species, as well as due to forest industry waste (needles) not included in economic activity. It is necessary to continue search and further study of the most promising species. Their plantation cultivation can become an excellent alternative to import of plant materials, significantly reducing transportation, customs and storage expenses and costs of assessing its biological and sanitary safety.

References

1. Kosheleva OV, Kodentsova VM. Vitamin C in fruits and vegetables. *Problems of Nutrition*. 2013; 82(3):45—52. (In Russ).
2. Nikolayeva LA, Nenakhova EV. *Biologicheskaya rol' vitaminov v organizme. Metody otsenki vitaminnoi obespechennosti organizma cheloveka. Metody opredeleniya vitamina S* [The biological role of vitamins in the body. Methods for assessing the vitamin supply of the human body. Methods for determining vitamin C]. Irkutsk: IGMU publ.; 2014. (In Russ).
3. Rebrov VG, Gromova VA. *Vitaminy, makro- i mikronutrienty* [Vitamins, macro- and micronutrients]. Moscow: GEOTAR-Media publ.; 2011. (In Russ).
4. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*. 2017; 86(4):113—124. (In Russ). doi: 10.24411/0042-88
5. Kodentsova VM. Provision of vitamins for children and adults in the Russian Federation: current status and ways of correcting micronutrient deficiencies. In: *Materialy XVI mezhdunarodnogo foruma «Pishchevye ingrediety KhKhl veka»* [Proceedings of the XVI International Forum «Food Ingredients of the XXI Century»]. Moscow: NII pitania publ.; 2015. p.1—6. (In Russ).

6. Doronin AF, Ipatova LG, Kochetkova AA. *Funktsional'nye pishchevye produkty. Vvedenie v tekhnologii* [Functional foods. Technology introduction]. Moscow: DeLi print publ.; 2009. (In Russ).
7. Kislukhina OV. *Vitaminnye komplekсы iz rastitel'nogo syr'ya* [Vitamin complexes from plant materials]. Moscow: DeLi print publ.; 2004. (In Russ).
8. Kodentseva VM, Vrzhesinskaya OA, Sokolnikov AA. Food fortification: the history and perspectives. *Problems of Nutrition*. 2012; 81(5):66—78. (In Russ).
9. Donchenko LV, Nadykta VD. *Bezopasnost' pishchevogo syr'ya i produktov pitaniya* [The safety of food raw materials and food]. Moscow: Pishchepromizdat publ.; 1999. (In Russ).
10. Matveeva TV, Koryachkina SY. *Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury* [Functional flour confectionery. Scientific fundamentals, technologies, recipes]. Saint Petersburg: GIORД publ.; 2015. (In Russ).
11. Bystrická J, Musilová J, Lichtnerová H, Lenková M, Kovarovič J, Chalas M. The content of total polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity in selected varieties of quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Potravinárstvo: Slovak Journal of Food Sciences*. 2017; 11(1):77—81. doi: 10.5219/699
12. Monka A, Grygorieva O, Chlebo P, Brindza J. Morphological and antioxidant characteristics of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) and chinese quince fruit (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.). *Potravinárstvo: Slovak Journal of Food Sciences*. 2014; 8(1):333—340. doi: 10.5219/415
13. Lebedeva DD, Trusov NA, Solomonova EV, Nozdrina TD, Meer TP. Prospects for the use of coniferous plants in the Moscow region as a biosafe source of ascorbic acid. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018; (8):31—35. (In Russ).
14. Mitrofanova DB, Solomonova EV, Trusov NA. Possibility of using yew cones in the food industry. *Eurasian Scientific Association*. 2018; (5-4):197—198. (In Russ).
15. Nozdrina TD, Trusov NA, Solnyshkova AA, Solomonova EV. The fruits of *Euonymus* as a source of oils. In: *Den' nauki. Obshcheuniversitetskaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov* [Science Day. University Scientific Conference of Young Scientists and Specialists]. Moscow: MGUPP publ.; 2016. p.81—82. (In Russ).
16. Chernov IA, Nozdrina TD, Trusov NA, Solomonova EV. The bioresource potential of *Quercus* fruits for use in the food industry. *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy sovremennoi biologii», posvyashchennoi 130-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova* [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference “Problems of Modern Biology” dedicated to the 130th birthday of N.I. Vavilova]. Lugansk: LNAU publ.; 2017. p.84—85. (In Russ).
17. Solomonova EV, Trusov NA, Nozdrina TD. Opportunities for using of *Eleutherococcus* fruits as a new food raw material. In: *1st International Symposium Innovations in Life Sciences (ISILS 2019). Advances in Biological Sciences Research, Volume 7*. Atlantis Press; 2019. p.303—307. doi: 10.2991/isils-19.2019.73
18. Solomonova EV, Trusov NA, Nozdrina TD, Meer TP, Sorokopudov VN, Georgescu C. Food potential of alternative pome fruit trees cultivated in Moscow region. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. 2019; 20(4):597—607.
19. Nozdrina TD, Solomonova EV, Trusov NA. Non-traditional for Moscow region rosehips species: morphometric and gravimetric characteristics of cinarrodies. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019; 9(2):145—161. (In Russ). doi: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-145-161.

About authors:

Solomonova Ekaterina Vladimirovna — PhD in Biology; Teacher, Moscow educational complex WEST, 23 Bobruiskaya str., Moscow, 121359, Russian Federation; e-mail: solomonova_k@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-0061-4080

Trusov Nikolay Aleksandrovich — PhD in Biology; Senior Researcher, Laboratory of Dendrology, Tsytin Main Moscow Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, 4, Botanicheskaya st., Moscow, 127276, Russian Federation; e-mail: n-trusov@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-5147-6602

Nozdrina Tatyana Dmitrievna — PhD in Biology; Associate Professor, Department of Veterinary-sanitary Examination and Biological Safety, Institute of Veterinary, Veterinary-sanitary Examination and Agrosafety, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russian Federation; e-mail: biomgupp@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0003-2589-4787

Поиск нетрадиционного растительного сырья для пищевой промышленности и экологически чистого животноводства

Е.В. Соломонова^{1*}, Н.А. Трусов², Т.Д. Ноздрина³

¹Московский образовательный комплекс ЗАПАД, г. Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина Российской академии наук,
г. Москва, Российская Федерация

³Московский государственный университет пищевых производств,
г. Москва, Российская Федерация
*solomonova_k@mail.ru

Аннотация. Актуальность поиска нетрадиционного растительного сырья для обогащения рационов населения во всем мире, в т.ч. в Российской Федерации, объясняется глобальной массовой круглогодичной недостаточностью в пище биологически активных нутриентов. Работа нацелена на выявление самых перспективных пищевых видов растений из списка, предложенного на основе многолетних наблюдений сотрудниками Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук и бакалаврами, обучающимися в Московском государственном университете пищевых производств по направлению 06.03.01. Биология. Материалы исследований (2016—2018 гг.) — плоды боярышников, шиповников, айвы, элеутерококков, мушмулы, магонии, бересклетов, тисов, сумахов, дубов, красноплодных жимолостей и хвоя хвойных растений. Для их анализа применялись стандартные незатратные методы изучения морфолого-анатомического строения, размерно-весовых показателей, тестирования на масличность и витамин С. Полученные результаты свидетельствуют о ценности изученного сырья в целом и его преимуществах у сравниваемых видов в пределах рода растений. Даны некоторые рекомендации практического использования. Предложено разделение плодовой мякоти и косточек до высушивания плодов *Crataegus submollis* и, предпочтительнее, *C. punctata*, широкое плантационное культивирование шиповников *Rosa amblyotis* и *R. oxyodon*, безотходное раздельное применение околоплодников и семян *Cydonia oblonga*, *Mespilus germanica* и *Mahonia aquifolium*, лекарственное применение плодов *Eleutherococcus sessiliflorus* и, предпочтительнее, *E. senticosus*, дальнейшее изучение шишкоягод *Taxus baccata* и *T. × media*, использование в качестве специи плодов *Rhus typhina*, получение уникальных масел из плодовой мякоти *Lonicera glehnii*, *L. ferdinandii* и *L. maackii* и ариллусов *Euonymus europaeus*, использование желудей *Quercus robur*, *Q. rubra* и хвои *Picea abies* и *Pinus sylvestris* в кормопроизводстве. Обнаружены возможности интенсификации использования растительных ресурсов в пищевой промышленности и сельском хозяйстве, прежде всего, за счет плодов местных интродуцированных видов. Необходимо продолжать поиск и дальнейшее изучение наиболее перспективных видов — источников нетрадиционного растительного сырья.

Ключевые слова: нетрадиционное растительное сырье, плоды, интродуцированные виды

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

История статьи:

Поступила в редакцию: 28 июля 2020 г. Принята к публикации: 28 декабря 2020 г.

Для цитирования:

Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Search for alternative plant raw materials for food industry and environmentally safe animal breeding // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 18—29. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-18-29

Библиографический список

1. Кошелева О.В., Коденцова В.М. Содержание витамина С в плодоовощной продукции // Вопросы питания. 2013. Т. 82. № 3. С. 45—52.
2. Николаева Л.А., Ненахова Е.В. Биологическая роль витаминов в организме. Методы оценки витаминной обеспеченности организма человека. Методы определения витамина С. Иркутск : ИГМУ, 2014. 71 с.
3. Ребров В.Г., Громова В.А. Витамины, макро- и микронутриенты. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. 960 с.
4. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Никитюк Д.Б., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 4. С. 113—124. doi: 10.24411/0042-88
5. Коденцова В.М. Обеспеченность витаминами детского и взрослого населения РФ: современное состояние и пути коррекции дефицитов микронутриентов // Материалы XVI международного форума «Пищевые ингредиенты XXI века». М. : ФГБНУ «НИИ питания», 2015. С. 1—6.
6. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии. М. : ДеЛи принт, 2009. 286 с.
7. Кислухина О.В. Витаминные комплексы из растительного сырья. М. : ДеЛи принт, 2004. 307 с.
8. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Сокольников А.А. Витаминизация пищевых продуктов масового потребления: история и перспективы // Вопросы питания. 2012. Т. 81. № 5. С. 66—78.
9. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания. М. : Пищепромиздат, 1999. 352 с.
10. Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры. СПб. : ГИОРД, 2015. 360 с.
11. Bystrická J., Musilová J., Lichtnerová H., Lenková M., Kovarovič J., Chalas M. The content of total polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity in selected varieties of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) // Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2017. Vol. 11. № 1. P. 77—81. doi: 10.5219/699
12. Monka A., Grygorieva O., Chlebo P., Brindza J. Morphological and antioxidant characteristics of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) and chinese quince fruit (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.) // Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2014. Vol. 8. № 1. P. 333—340. doi: 10.5219/415
13. Лебедева Д.Д., Трусов Н.А., Соломонова Е.В., Ноздрина Т.Д., Меер Т.П. Перспективы использования хвойных растений Московского региона в качестве биобезопасного источника аскорбиновой кислоты // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 31—35.
14. Митрофанова Д.Б., Соломонова Е.В., Трусов Н.А. Возможность использования шишкоягод тиса в пищевой промышленности // Евразийское научное объединение. 2018. № 5—4 (39). С. 197—198.
15. Ноздрина Т.Д., Трусов Н.А., Солнышкова А.А., Соломонова Е.В. Плоды бересклетов как источник масел // День науки : общенациональная научная конференция молодых ученых и специалистов. М. : МГУПП, 2016. С. 81—82.
16. Чернов И.А., Ноздрина Т.Д., Трусов Н.А., Соломонова Е.В. Биоресурсный потенциал плодов *Quercus* для использования в пищевой промышленности // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Проблемы современной биологии», посвященной 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. ЛНР. Луганск : Изд-во ЛНАУ, 2017. С. 84—85.
17. Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D. Opportunities for using of *Eleutherococcuses* fruits as a new food raw material // Advances in Biological Sciences Research. 2019. Vol. 7. P. 303—307. doi: 10.2991/isils-19.2019.73
18. Solomonova E.V., Trusov N.A., Nozdrina T.D., Meer T.P., Sorokopudov V.N., Georgescu C. Food potential of alternative pome fruit trees cultivated in Moscow region // Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2019. Vol. 20 (4). P. 597—607.
19. Ноздрина Т.Д., Соломонова Е.В., Трусов Н.А. Нетрадиционные для Московского региона виды шиповников: морфометрические и весовые характеристики циннародиев // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 2. С. 145—161. doi: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-145-161.

Об авторах:

Соломонова Екатерина Владимировна — кандидат биологических наук, преподаватель Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения города Москвы «Московский образовательный комплекс ЗАПАД», 121359, Российская Федерация, г. Москва, ул. Бобруйская, д. 23; e-mail: solomonova_k@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-0061-4080

Трусов Николай Александрович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории дендрологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, д. 4; e-mail: n-trusov@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-5147-6602

Ноздрина Татьяна Дмитриевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московский государственный университет пищевых производств, 125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11; e-mail: biomgupp@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0003-2589-4787



Растениеводство Crop production

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-30-41
УДК 631.95

Научная статья / Research article

Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области

Е.Г. Мягкова

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Российская Федерация
govsan29@mail.ru

Аннотация. В сельскохозяйственном производстве важно не только добиться высокого показателя урожайности, но и обеспечить стабильность ее проявления. Для получения высокой и стабильной урожайности необходимо обладать информацией о степени адаптивности сортов и гибридов сельскохозяйственных культур к конкретной зоне возделывания. Проанализированы результаты полевого опыта по сортоиспытанию перца сладкого. Оценка сорта на адаптивность к природным условиям и технологии возделывания в Астраханской области проведена по параметрам пластичности и стабильности сорта. Экологическую пластичность определяли с помощью коэффициента регрессии b_r , характеризующего реакцию сорта на изменение условий возделывания. Для характеристики параметра стабильности рассчитано среднее квадратичное отклонение от линии регрессии σ^2d . Все расчеты велись по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина.

Ключевые слова: адаптивность, экологическая пластичность, стабильность, перец сладкий, Астраханская область, урожайность

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

История статьи:

Поступила в редакцию: 10 сентября 2020 г. Принята к публикации: 20 ноября 2020 г.

Для цитирования:

Мягкова Е.Г. Адаптивность сортов перца сладкого при возделывании в почвенно-климатических условиях Астраханской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 30—41. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-30-41

© Мягкова Е.Г., 2021



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

Adaptivity of sweet pepper varieties cultivated in the Astrakhan region

Elena G. Myagkova

Precaspian agrarian federal scientific center of the Russian academy of sciences,
Astrakhan region, Russian Federation
govsan29@mail.ru

Abstract. In agricultural production, it is important not only to achieve a high productivity, but also to ensure its stability. To obtain high and stable yields, it is necessary to have information on the adaptability of crops varieties and hybrids to a specific cultivation zone. The article analyzes the results of the field experiment on the variety testing of sweet pepper. To assess the variety for adaptability to natural conditions and cultivation technology in the Astrakhan region, such parameters as plasticity and stability of the variety were used. To characterize the ecological plasticity, the regression coefficient b_i was determined, which characterizes response of the cultivar to changes in cultivation conditions. To characterize the parameter of stability, the standard deviation from the regression line $\sigma^2 d_i$ was calculated. All calculations were carried out according to S.A. Eberhart, W.A. Russell as presented by V.Z. Pakudin.

Keywords: adaptability, ecological plasticity, stability, sweet pepper, Astrakhan region, yield

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

Article history:

Received: 10 September 2020. Accepted: 20 November 2020

For citation:

Myagkova EG. Adaptivity of sweet pepper varieties cultivated in the Astrakhan region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):30—41. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-30-41

Введение

Первостепенной задачей «народной селекции» являлось создание сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам конкретного района возделывания, а получение рекордных урожаев имело второстепенное значение. Современными исследователями «под адаптивной селекцией сельскохозяйственных растений подразумевается выведение сортов культурных растений, обладающих высоким адаптивным потенциалом» [1]. По мнению А.А. Жученко «с адаптивностью сельскохозяйственных растений, т.е. их устойчивостью, способностью противостоять действию повреждающих факторов среды, неразрывно связано повышение их продуктивности» [1—3].

Неоднократно многими авторами трактовалось понятие «адаптивность» и изучалось, являются ли термины «адаптивность», «стабильность» и «экологическая пластичность» противоположными по смыслу, или характеризуют одинаковые параметры [4—7]. Л.П. Байкалова считает, что «термины «адаптивность», «экологическая пластичность», «экологическая устойчивость» могут заменять, а чаще дополнять друг друга» [8].

При исследовании свойства адаптивности растений к условиям возделывания возможно использование таких параметров, как экологическая пластичность и стабильность сорта.

Для использования этих характеристик на практике применяются различные методики расчета, разработанные: Р.А. Удачным [9], В.З. Пакудиным [5], методика, В.А. Зыкиным [10] и др., но чаще всего используется методика S.A. Eberhart, W.A. Russell. При использовании последней пластичность сорта описывает коэффициент линейной регрессии b_r , а стабильность — среднее квадратичное отклонение σ_d^2 .

Актуальность. Астраханская область — один из основных поставщиков овощебахчевой продукции на рынки РФ. Природно-климатические особенности региона позволяют возделывать многие сельскохозяйственные культуры, но одновременно с этим являются экстремальными для растениеводства. К особенностям агроэкологической ситуации Астраханской области относится неустойчивое проявление климатических факторов по годам. При выращивании растений в жестких природных условиях данного региона очень важно иметь набор сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, адаптированных к конкретному месту возделывания, располагать информацией об ответной реакции сортов и гибридов на изменение условий произрастания [11—13]. Одной из наиболее ценных по витаминному составу овощных культур является культура перца сладкого. В настоящий момент существует проблема определения сортов перца сладкого, обладающих устойчивостью к природным условиям Астраханской области.

Цель исследования — определение пластичности и стабильности сортов перца сладкого при возделывании в условиях Астраханской области.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала для исследования взяты десять сортов перца сладкого селекции компании «СеДеК», среди них стандартом послужил хорошо зарекомендовавший себя на территории Астраханской области сорт Подарок Молдовы. Опыт заложен в соответствии с методикой опытного дела Б.А. Доспехова [14].

По методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина через параметр «урожайность» определили пластичность и стабильность сортов [10].

Площадь питания одного растения рассчитана по формуле

$$S = (M + m(n - 1)) / n \cdot L, \quad (1)$$

где M — расстояние между лентами, м; m — расстояние между строчками, м; n — количество строк, шт; L — расстояние между растениями в ряду, м.

Для определения средней урожайности по опыту использована формула

$$Y_{cp} = \Sigma \Sigma Y_{ij} / v \cdot n, \quad (2)$$

где $\Sigma \Sigma Y_{ij}$ — сумма урожайности перца сладкого по сортам и годам изучения; v — количество сортов в опыте; n — количество лет ведения опыта.

Условия конкретного года, выраженные через индекс, определены по формуле

$$I_j = (\Sigma Y_j / v) - (\Sigma \Sigma Y_{ij} / v \cdot n), \quad (3)$$

где ΣY_j — сумма урожайности всех сортов за j -й год.

Коэффициент экологической пластичности, выраженный через коэффициент регрессии b_i , вычислили для каждого сорта по формуле

$$b_i = \Sigma Y_{ij} \cdot I_j / \Sigma (I_j)^2, \quad (4)$$

где $\Sigma Y_{ij} \cdot I_j$ — сумма произведения урожайности i -го сорта в j -м году на индекс условий среды j -го года; $\Sigma (I_j)^2$ — сумма квадратов индексов условий среды.

Теоретическую урожайность определяли по формуле

$$Y_{ij} = Y_i + b_i I_j, \quad (5)$$

где Y_i — урожайность i -го сорта в среднем за три года изучения; $b_i I_j$ — произведение коэффициента регрессии i -го сорта на индекс условий среды конкретного года.

Разница или отклонения фактической полученной урожайности от рассчитанной теоретической получены в результате применения формулы

$$\sigma_{ij} = Y_{ij \text{ факт}} - Y_{ij \text{ теор}}, \quad (6)$$

где $Y_{ij \text{ факт}}$ — фактическая урожайность i -го сорта в j -м году; $Y_{ij \text{ теор}}$ — теоретическая урожайность i -го сорта в j -м году.

Стабильность сортов перца сладкого, или среднее квадратичное отклонение, вычислено по формуле

$$\sigma_d^2 = \Sigma \sigma_{ij}^2 / n - 2, \quad (7)$$

где $\Sigma \sigma_{ij}^2$ — сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической.

Для оценки экологической пластичности и стабильности, а также выяснения пригодности сортов перца сладкого к условиям Астраханской области на орошаемом участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2017—2019 гг. был заложен полевой опыт.

Почва опытного участка являлась малогумусной — 0,72 %, содержание калия составило 342 мг/кг, содержание фосфора — 47,5 мг/кг, реакция рН — 7,2. По гранулометрическому составу почва определена как «тяжелосуглинистая иловато-крупнопылеватая».

Опыт по сортоиспытанию перца сладкого был заложен в 3-кратной повторности. Площадь учетной делянки составляла 12,2 м². Делянки были размещены рендомизированным методом. Сравнения сортов проводились со средним значением сорта-стандарта.

Полив перца сладкого осуществлялся посредством капельного орошения, способ внесения минеральных удобрений — фертигация.

Способ посева — рассадой в открытый грунт ленточным способом, при котором две строчки располагаются по двум сторонам капельной ленты, расстояние между строчками составляло 0,3 м, между растениями в строчке — 0,4 м. Расстояние между лентами — 1,4 м. Густота стояния растений перца — 35714 шт. растений/га.

Температурные показатели в период вегетации перца сладкого сложились следующим образом: самым обеспеченным теплом в 2017 г. был июль, сумма активных температур выше 10 °С составила 817,1 °С, в 2018 г. также в июле накопилось максимальное количество активных температур — 834,5 °С, в 2019 г. самым жарким оказался июнь с показателем 805,4 °С.

Экстремальные температуры воздуха за вегетацию овощных культур колебались от минимальной 2,9 °С до максимальной 40,5 °С в 2017 г., от 11,8 до 32,8 °С в 2018 г. и от 15,4 до 31,9 °С в 2019 г., что характеризует погодные условия как неблагоприятные. Показатель ГТК Селянинова характеризует вегетационный период 2017 г. с мая по август включительно как сильную засуху (ГТК = 0,5). В вегетационный период 2018 и 2019 гг. отмечена очень сильная засуха при ГТК, равном 0,2 и 0,3, соответственно.

Агротехника возделывания перца сладкого — стандартно рекомендуемая для зоны Нижнего Поволжья, борьба с вредителями и болезнями пасленовых культур осуществлялась на протяжении всего периода вегетации.

Результаты исследования и обсуждение

На первом этапе по результатам дисперсионного анализа устанавливались наличие или отсутствие связи сорт — условия среды (табл. 1).

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F _{крит}
Между группами	673,09	9	74,79	4,56	0,002	2,39
Внутри групп	327,73	20	16,39			
Итого	1000,83	29				

Table 1

ANOVA results

Source	SS	df	MS	F	P value	F _{critical}
Between groups	673.09	9	74.79	4.56	0.002	2.39
Within groups	327.73	20	16.39			
Total	1000.83	29				

Так как $F \geq F_{\text{крит}}$, то нулевая гипотеза отвергается, т.е. рассматриваемый фактор (в данном случае — условия среды или условия года) оказывает существенное влияние на исследуемый признак (в данном случае — урожайность). В понятие «условия среды или условия года» в основном входят сложившиеся метеорологические условия, так как технология возделывания во все годы изучения была одинаковой. Оценка влияния метеорологических условий года важна для регионов с континентальным климатом, к которым относится Астраханская область.

По результатам дисперсионного анализа рассчитана НСР (наименьшая существенная разность), составившая 6,941.

Урожайность в среднем за 2017—2019 гг. сортов перца сладкого приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средняя урожайность перца сладкого по сортам в период 2017–2019 гг.

Сорт	Урожайность, т/га				
	2017	2018	2019	ΣY_i	Средняя Y_i
St, Подарок Молдовы	42,8	49,3	37,7	129,8	43,3
Белозерка	46	50,2	44,9	141,1	47,0
Богатырь	52,9	50,5	54,3	157,7	52,6
Витязь	42,5	39,9	46,4	128,8	42,9
Кореновский	56,3	48,7	54,3	159,3	53,1
Лолита	54,1	47,4	53,6	155,1	51,7
Зорька	40,5	49,6	44,7	134,8	44,9
Галатея	38,1	36,8	45,2	120,1	40,0
Дар Каспия	52,3	50,4	57,7	160,4	53,5
Титан	49,3	40,3	42	131,6	43,9
ΣY_i	474,8	463,1	480,8		
Средняя Y_i	47,48	46,31	48,08		

Table 2

Sweet pepper productivity in 2017–2019

Cultivar	Yield, t/ha				
	2017	2018	2019	ΣY_i	Average Y_i
Podarok Moldovy (control)	42.8	49.3	37.7	129.8	43.3
Belozerka	46	50.2	44.9	141.1	47.0
Bogatyr	52.9	50.5	54.3	157.7	52.6
Vityaz	42.5	39.9	46.4	128.8	42.9
Korenovsky	56.3	48.7	54.3	159.3	53.1
Lolita	54.1	47.4	53.6	155.1	51.7
Zorka	40.5	49.6	44.7	134.8	44.9
Galatea	38.1	36.8	45.2	120.1	40.0
Dar Kaspiya	52.3	50.4	57.7	160.4	53.5
Titan	49.3	40.3	42	131.6	43.9
ΣY_i	474.8	463.1	480.8		
Average Y_i	47.48	46.31	48.08		

Средняя урожайность по опыту равна 47,3 т/га.

Индекс условий среды отражает реакцию сорта на условия возделывания в конкретном году. По результатам вычислений было получено, что индекс условий среды в 2017 г. — 0,19; в 2018 г. — -0,98; в 2019 г. — 0,79. Можно сказать, что в

2017 и 2019 гг. сложились благоприятные условия для вегетации перца сладкого, в 2018 г. — неблагоприятные. Необходимо отметить, что $\sum I_j = 0$. Это значение используется в качестве контроля правильности расчетов.

В табл. 3 приведены результаты вычислений коэффициентов экологической пластичности, выраженных через коэффициент регрессии b_i .

Таблица 3

Коэффициенты линейной регрессии урожайности сортов перца сладкого

Сорт	b_i
St, Подарок Молдовы	-6,417
Белозерка	-3,076
Богатырь	2,1338
Витязь	3,4734
Кореновский	3,6209
Лолита	3,8078
Зорька	-3,456
Галатея	4,2472
Дар Каспия	3,7813
Титан	1,8839

Table 3

Coefficients of linear regression for sweet pepper productivity

Cultivar	b_i
Podarok Moldovy (control)	-6.417
Belozerka	-3.076
Bogatyr	2.1338
Vityaz	3.4734
Korenovsky	3.6209
Lolita	3.8078
Zorka	-3.456
Galatea	4.2472
Dar Kaspiya	3.7813
Titanium	1.8839

Коэффициенты регрессии с большими величинами определяют большую отзывчивость сорта или реакцию сорта на условия среды возделывания. Числовое выражение коэффициента показывает, на какую величину изменится урожайность сорта при изменении факторного признака (в данном случае — изменение условий возделывания).

Из всех изучаемых сортов самыми отзывчивыми оказались сорта Галатея ($b_i = 4,25$), Лолита ($b_i = 3,81$), Дар Каспия ($b_i = 3,78$), Кореновский ($b_i = 3,62$), и Витязь ($b_i = 3,47$). Это означает, что перечисленные сорта способны сформировать максимальный урожай только при интенсивном способе возделывания или при

высоком уровне агротехники. Сорт-стандарт Подарок Молдовы ($b_i = -6,42$) и сорта Зорька ($b_i = -3,45$), Белозерка ($b_i = -3,08$) не имеют отклика на изменение условий среды, их использование целесообразно при малозатратных способах возделывания с низким уровнем технологической оснащенности.

Для каждого сорта определяется стабильность, т.е. отклонения полученных в изучении данных по урожайности в каждом конкретном году от средней величины урожайности сортов перца сладкого за три года. Для этого была рассчитана теоретическая урожайность (табл. 4).

Таблица 4

Теоретическая урожайность сортов перца сладкого, т/га

Сорт	Средняя Y_{ij}
St, Подарок Молдовы	43,27
Белозерка	47,03
Богатырь	52,57
Витязь	42,93
Кореновский	53,10
Лолита	51,70
Зорька	44,93
Галатея	40,03
Дар Каспия	53,47
Титан	43,87

Table 4

Theoretical yield of sweet pepper cultivars, t/ha

Cultivar	Average Y_{ij}
Podarok Moldovy (control)	43.27
Belozerka	47.03
Bogatyr	52.57
Vityaz	42.93
Korenovsky	53.10
Lolita	51.70
Zorka	44.93
Galatea	40.03
Dar Kaspiya	53.47
Titanium	43.87

В табл. 5 приведены значения разницы или отклонений фактической полученной урожайности от рассчитанной теоретической, суммы квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической $\sum \sigma_{ij}^2$ и стабильности сортов перца сладкого, или среднего квадратичного отклонения σ_d^2 .

Таблица 5

Отклонения фактической урожайности от теоретической, т/га, по годам и стабильность сортов перца сладкого

Сорта	2017	2018	2019	Стабильность	
				$\sum \sigma_{ij}^2$	σ_a^2
St, Подарок Молдовы	0,75	-0,26	-0,50	0,88	0,88
Белозерка	-0,45	0,15	0,30	0,31	0,31
Богатырь	-0,07	0,02	0,05	0,01	0,01
Витязь	-1,09	0,37	0,72	1,85	1,85
Кореновский	2,51	-0,85	-1,66	9,79	9,79
Лолита	1,68	-0,57	-1,11	4,36	4,36
Зорька	-3,78	1,28	2,50	22,14	22,14
Галатея	-2,74	0,93	1,81	11,65	11,65
Дар Каспия	-1,89	0,64	1,25	5,51	5,51
Титан	5,08	-1,72	-3,35	39,98	39,98

Table 5

Deviations of actual yield from theoretical, t/ha, and stability of sweet pepper cultivars

Cultivar	2017	2018	2019	Stability	
				$\sum \sigma_{ij}^2$	σ_a^2
Podarok Moldovy (control)	0.75	-0.26	-0.50	0.88	0.88
Belozerka	-0.45	0.15	0.30	0.31	0.31
Bogatyr	-0.07	0.02	0.05	0.01	0.01
Vityaz	-1.09	0.37	0.72	1.85	1.85
Korenovsky	2.51	-0.85	-1.66	9.79	9.79
Lolita	1.68	-0.57	-1.11	4.36	4.36
Zorka	-3.78	1.28	2.50	22.14	22.14
Galatea	-2.74	0.93	1.81	11.65	11.65
Dar Kaspiya	-1.89	0.64	1.25	5.51	5.51
Titanium	5.08	-1.72	-3.35	39.98	39.98

Коэффициент стабильности характеризуется следующим образом: меньшие значения среднего квадратичного отклонения фактически полученной урожайности от теоретически ожидаемой, говорят о том, что сорт более стабилен по сравнению с сортами, имеющими большее значение среднего квадратичного отклонения. В данном случае самыми стабильными оказались сорта Богатырь с коэффициентом стабильности 0,01, Белозерка — 0,31 и сорт-стандарт Подарок Молдовы — 0,88. Наименьшей стабильностью обладают сорта Титан с коэффициентом стабильности 39,98, Зорька — 22,14, Галатея — 11,65 и Кореновский — 9,79.

Для наглядности сведем параметры адаптивности сортов перца сладкого в табл. 6.

Параметры адаптивности сортов перца сладкого в 2017–2019 гг.

Сорт	b_i	σ_d^2
St, Подарок Молдовы	-6,417	0,88
Белозерка	-3,076	0,31
Богатырь	2,1338	0,01
Витязь	3,4734	1,85
Кореновский	3,6209	9,79
Лолита	3,8078	4,36
Зорька	-3,456	22,14
Галатея	4,2472	11,65
Дар Каспия	3,7813	5,51
Титан	1,8839	39,98

Table 6

Adaptability parameters of sweet pepper cultivars, 2017–2019

Cultivar	b_i	σ_d^2
Podarok Moldovy (control)	-6.417	0.88
Belozerka	-3.076	0.31
Bogatyr	2.1338	0.01
Vityaz	3.4734	1.85
Korenovsky	3.6209	9.79
Lolita	3.8078	4.36
Zorka	-3.456	22.14
Galatea	4.2472	11.65
Dar Kaspiya	3.7813	5.51
Titanium	1.8839	39.98

Наибольшую ценность представляют высокоинтенсивные сорта, у которых b_i больше 1, а σ_d^2 стремится к 0. Из табл. 6 видно, что этим характеристикам соответствуют сорта Богатырь и Витязь. Сорт Богатырь не самый пластичный из всех изученных ($b_i = 2,13$), но при этом он обладает самой высокой стабильностью — 0,01. Сорт Витязь более пластичен по сравнению с сортом Богатырь ($b_i = 3,47$), однако менее стабилен — 1,85.

Сорт-стандарт Подарок Молдовы, Белозерка и Зорька ($b_i = -6,42; -3,08; -3,46$) продемонстрировали наихудшую пластичность. Однако сорта Подарок Молдовы и Белозерка характеризуются стабильностью с коэффициентом 0,88 и 0,31 соответственно. Самыми пластичными оказались сорта Галатея ($b_i = 4,25$), Лолита ($b_i = 3,81$), Дар Каспия ($b_i = 3,78$) и Кореновский ($b_i = 3,62$).

Заключение

При возделывании перца сладкого по высокоинтенсивным технологиям могут быть рекомендованы сорта Галатея, Лолита, Дар Каспия и Кореновский как

наиболее пластичные из изученных с возможностью дать максимальный урожай при улучшении условий возделывания. Стабильностью отличились сорт-стандарт Подарок Молдовы, Белозерка и Зорька. Эти сорта целесообразно использовать в экстенсивных агротехнологиях, даже при низком агрофоне они имеют потенциальную урожайность.

Сорта перца сладкого Богатырь и Витязь в большей или меньшей степени обладают и экологической пластичностью, и стабильностью плодоношения, т.е. являются адаптированными к почвенно-климатическим условиям Астраханской области.

Библиографический список

1. Жученко А.А. Роль адаптивной системы селекции в растениеводстве XXI века // Коммерческие сорта полевых культур Российской Федерации. М. : ИКАР, 2003. С. 10—15.
2. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Т. 1. М.: РУДН, 2001. 783 с.
3. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений // Селекция и семеноводство. 1989. № 4. С. 5—16.
4. Моисеева М.О. Связь между урожайностью, эффектом гетерозиса и экологической стабильностью гибридов перца сладкого // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 65—67.
5. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109—113.
6. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 548—552.
7. Abu N.E., Uguru M.I., Obi I.U., Baiyeri K.P. Prediction model for fresh fruit yield in aromatic peppers (*Capsicum annum* L.) // African Journal of Agricultural Research. 2015. Vol. 10. No. 30. 2882—2888. doi: 10.5897/AJAR2014.9196
8. Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И. Оценка адаптивного потенциала сортов ячменя в Канской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2014. № 10. С. 93—97.
9. Удачин Р.А., Головоченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2—6.
10. Зыкин В.А., Мешков В.В., Санага В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ. Новосибирск, 1984. 24 с.
11. Калмыкова Е.В., Петров Н.Ю., Нарушев В.Б., Мяжкова Е.Г. Агротехнология возделывания перца сладкого в зоне светло-каштановых почв Прикаспия при орошении // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 15—19.
12. Калмыкова Е.В., Петров Н.Ю., Павленко В.Н. Современные адаптивные технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Нива Поволжья. 2017. № 4. С. 82—88.
13. Калмыкова Е.В., Петров Н.Ю. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 29—31.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Zhuchenko AA. Role of adaptive selection system in crop production of the XXI century. In: Semin AS. (ed.) *Kommercheskie sorta polevykh kul'tur Rossijskoi Federatsii* [Commercial cultivars of field crops in the Russian Federation]. Moscow: IKAR publ.; 2003. p. 10—15.
2. Zhuchenko AA. *Adaptivnaya sistema seleksii rastenii (ekologo-geneticheskie osnovy). T. 1.* [Adaptive system of plant selection (ecological and genetic bases). Vol. 1.]. Moscow: RUDN publ.; 2001.
3. Zhuchenko AA. Ecological and genetic foundations of adaptive system of plant breeding. *Seleksiya i semenovodstvo*. 1999; (4):5—16.

4. Moiseeva MA. Relationship between productivity, heterosis effect and ecological stability of sweet pepper hybrids. *Bulletin of the Belarussian state agricultural academy*. 2016; (2):65–67.
5. Pakudin VZ, Lopatina LM. Evaluation of ecological plasticity and stability of agricultural crops. *Agricultural biology*. 1984; (4):109–113.
6. Potanin VG, Aleynikov AF, Stepochkin PI. A new approach to estimation of the ecological plasticity of plant varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014; 18(3):548–552.
7. Abu NE, Uguru MI, Obi IU, Baiyeri KP. Prediction model for fresh fruit yield in aromatic peppers (*Capsicum annum* L.). *African Journal of Agricultural Research*. 2015; 10(30):2882–2888. doi: 10.5897/AJAR2014.9196
8. Baikalova LP, Serebrennikov YI. The assessment of the barley sort adaptive capacity in the Kansk forest-steppe. *The Bulletin of KrasGAU*. 2014; (10):93–97.
9. Udachin RA, Golovochenko AP. Methodology for assessing ecological plasticity of wheat varieties. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1990; (5):2–6.
10. Zykin VA, Meshkov VV, Sapega VA. *Parametry ekologicheskoi pla-stichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii, ikh raschet i analiz* [Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis]. Novosibirsk: SO VASKhNIL publ.; 1984.
11. Kalmykova EV, Petrov NY, Narushev VB, Myagkova EG. agrotechnology of sweet pepper cultivation in the zone of light-chestnut soils in the Caspian region under irrigation. *The Agrarian Scientific Journal*. 2017; (6):15–19.
12. Kalmykova EV, Petrov NY, Pavlenko VN. Modern adaptive technologies of vegetable cultivation in the Lower Volga region. *Volga Region Farmland*. 2017; (4):82–88.
13. Kalmykova EV, Petrov NY. Complex water-soluble fertilizers in the technology for vegetable cultivation in the Lower Volga region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017; (2):29–31.
14. Dospekhov BA. *Methodology of field experiment*. 5th ed. Moscow: Agropromizdat publ.; 1985.

Об авторе:

Мягкова Елена Георгиевна — научный сотрудник отдела земледелия и комплексной мелиорации, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: govstan29@mail.ru

About the author:

Myagkova Elena Georgievna — Researcher, Department of Agriculture and Complex Land Reclamation, Pre-Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny block, p. Solenoye Zaymishche, Chernoyarsk district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: govstan29@mail.ru

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53
УДК 664.617:633.13:1. 925.116

Научная статья / Research article

Скрининг сортов овса омской селекции для условий южной лесостепи Западной Сибири

О.А. Юсова^{1*}, П.Н. Николаев¹, Н.И. Аниськов², И.В. Сафонова²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», г. Омск, Российская Федерация

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*ksanajusva@rambler.ru

Аннотация. Среди зерновых культур яровой овес по значимости — одна из жизненно важных, хорошо приспособленных к условиям Западной Сибири культура. Для реализации качественных и количественных признаков урожайности и повышения продуктивности новые сорта должны характеризоваться отзывчивостью на изменяющиеся факторы внешней среды (адаптивностью) с достаточной потенциальной продуктивностью и способностью реализовать ее даже в стрессовых условиях этого региона. Цель исследований — определение адаптивных свойств сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра (Омского АНЦ). Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011—2019 гг. на опытных полях Омского АНЦ, расположенных в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Рассчитаны коэффициент стрессоустойчивости K_{σ} по А.В. Быкову, показатель гомеостатичности $Ном$ по В.В. Хангильдину, селекционная ценность сорта S_c по Н.А. Орлянскому, генотипический эффект E , по Б.П. Гурьеву, коэффициент вариации V и коэффициент выравнивания B по Б.А. Доспехову, показатель устойчивости индекса стабильности $У$ по Р.А. Удачину и П.А. Головченко, показатель эффекта реакции сортов на условия среды $Эр$ по В.В. Новохатину, эквалента пластичности W_i по С. Wricke. С использованием значительного количества показателей для получения окончательной оценки адаптивности проведено ранжирование сортов. Повышенной адаптивностью обладают стандарт пленчатой группы Орион, сорта Иртыш 13 и Иртыш 21 (сумма рангов составила 23, 35 и 36 соответственно). В голозерной группе сорт Прогресс является более стабильным (сумма рангов равна 79). Данные сорта рекомендуются для внедрения в производство в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Ключевые слова: яровой овес, сорт, урожайность, адаптивность, стрессоустойчивость, гомеостатичность, селекционная ценность, стабильность, коэффициент вариации

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

История статьи:

Поступила в редакцию: 5 февраля 2021 г. Принята к публикации: 3 марта 2021 г.

Для цитирования:

Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Скрининг сортов овса омской селекции для условий южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 42—53. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53

© Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В., 2021



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

Screening of oat cultivars developed in omsk for conditions of the southern forest-steppe in Western Siberia

Oksana A. Yusova^{1*}, Petr N. Nikolaev¹, Irina V. Safonova², Nikolay I. Aniskov²

¹Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russian Federation

²Vavilov Institute of Plant Genetic Resources,
St. Petersburg, Russian Federation

*Corresponding author: ksanajusva@rambler.ru

Abstract. Spring oats are one of the most important crops among grain crops, and they are well adapted to the conditions of Western Siberia. To realize qualitative and quantitative characteristics of yield and increase productivity, new varieties should be characterized by responsiveness to changing environmental factors (adaptability) with sufficient potential productivity and ability to realize it even in the stressful conditions of this region. The aim of the research was to determine adaptive properties of spring oat cultivars developed in Omsk Agrarian Scientific Center. The experiments were carried out on the experimental fields of the Omsk Agrarian Scientific Center, located in the southern forest-steppe zone of Western Siberia, in 2011—2019. The following adaptability parameters were calculated: stress tolerance K_{st} (according to A.V. Bykov), homeostaticity Hom (V.V. Khangildin), breeding value of cultivar Sc (according to N.A. Orlyansky), genotypic effect E_i (B.P. Guriev), coefficient of variation V and coefficient of uniformity B (B.A. Dospekhov), resilience of stability index Y (R.A. Udachin and P.A. Golovchenko), rate of reaction of varieties to the environmental conditions Re (V.V. Novokhatin), equivalent plasticity W_i (C. Wricke). Using a significant number of indicators to obtain a final assessment of adaptability, a ranking of cultivars was carried out. Among hulled oat cultivars, Orion (control), Irtysh 13 and Irtysh 21 had increased adaptability (the sum of the ranks was 23, 35 and 36, respectively). In naked oat cultivars, Progress was more stable (the sum of the ranks was 79). These cultivars are recommended for cultivation in conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia.

Key words: spring oats, cultivar, yield, adaptability, stress tolerance, homeostaticity, breeding value, stability, coefficient of variation

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

Article history:

Received: 5 February 2021. Accepted: 3 March 2021

For citation:

Yusova OA, Nikolaev PN, Safonova IV, Aniskov NI. Screening of oat cultivars developed in Omsk for conditions of the southern forest-steppe in Western Siberia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):42—53. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53

Введение

По значимости среди зерновых культур яровой овес одна из жизненно важных культур, хорошо приспособленных к условиям Западной Сибири. Овес мало требователен к почвам и климату, имеет довольно короткий период вегетации, высокую урожайность, может быть использован на зерно и зеленую массу и поэтому широко возделывается во всех регионах РФ [1]. Посевные площади овса в России в 2019 г. составили 2611,6 тыс. га, что на 8,5 % (241,7 тыс. га) меньше, чем в 2018 г. К регионам со значительной площадью посева овса относятся: Алтайский край (314,1 тыс. га, что составляет 12,0 % от общей посевной площади), Новосибирская область (168,4 тыс. га — 6,4 %), Республика Башкортостан

(160,9 тыс. га — 6,2 %), Красноярский край (160,0 тыс. га — 4,1 %), Тюменская область (105,9 тыс. га — 2,7 %). Так же в число 20 крупнейших регионов вошли Иркутская, Кемеровская, Омская, Челябинская, Оренбургская, Нижегородская и Самарская области, Республики Удмуртия и Татарстан [2].

Реализации качественных и количественных признаков урожайности и повышения продуктивности возможна, если новые сорта характеризуются отзывчивостью на изменяющиеся факторы внешней среды (адаптивностью) с достаточной потенциальной продуктивностью и способностью реализовать ее даже в стрессовых условиях этого региона, т.е. сводить к минимуму последствия неблагоприятных внешних условий [3, 4]. Кроме того, для повышения результативности создания сортов, обладающих необходимым сочетанием хозяйственно важных свойств и высокой экологической приспособленностью, необходимо использовать ряд методик [5, 6].

Цель исследований — определение адаптивных свойств сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра (Омского АНЦ).

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011—2019 гг. на опытных полях Омского АНЦ, расположенных в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Почва — чернозем обыкновенный выщелоченный, содержание гумуса — 6...7 %. Площадь делянки — 10 м², повторность — 4-кратная. Норма высева — 4 млн всхожих зерен на 1 га. Посев произведен селекционной сеялкой ССФК-7, в третьем селекционном севообороте по предшественнику пшеница, четвертая культура после пара. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Уборка проведена в фазу полной спелости селекционным комбайном Nege 125.

Математическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову [7]. Расчет параметров адаптивности проводили, используя следующие показатели: го-меостатичность Ном и индекс стабильности ИС — рассчитывали по методике В.В. Хангильдина [8]:

$$\text{Ном} = \frac{\bar{x}^2}{\delta (x_{\text{opt}} - x_{\text{lim}})}; \quad (1)$$

$$\text{ИС} = \bar{x}^2 / S, \quad (2)$$

где \bar{x}^2 — средняя урожайность сорта за годы изучения; δ и S — среднее квадратическое отклонение в опыте; x_{lim} — урожайность сорта при неблагоприятных условиях выращивания; x_{opt} — урожайность сорта при оптимальных условиях выращивания.

Р.А. Удачин, П.А. Головченко [9] предложили оценивать стабильность используя показатель устойчивости индекса стабильности:

$$Y = \left(1 - \frac{\text{ИС}_{\text{опт}} - \text{ИС}_{\text{лимит}}}{\text{ИС}_{\text{ср}}} \right)^2 100 \%, \quad (3)$$

где Y — показатель устойчивости индекса стабильности; $\text{ИС}_{\text{ср}}$ — среднее значение индекса стабильности у набора сортов на всех фонах испытания; $\text{ИС}_{\text{опт}}$, $\text{ИС}_{\text{лимит}}$ — индексы стабильности сортов на оптимальном и лимитированном фонах.

В.В. Новохатин (2010) ввел новый показатель эффекта реакции сортов на условия среды Эр [10].

$$\text{Эр} = (A_i - \bar{A}f_i) - J_i, \quad (4)$$

где A_i — урожайность сорта в год изучения; $\bar{A}f_i$ — средняя урожайность в опыте за период изучения; J_i — индекс условий среды.

Дальнейшее статистическое выражение пластичности (эковаленту) предложил С. Wricke (1962) [11]:

$$Wi = \sum l_{ij}^2, \quad (5)$$

$$l_{ij} = \bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x} \dots, \dots,$$

где \bar{x}_{ij} — урожайность i -го сорта в j -м году; \bar{x}_i — урожайность i -го сорта; \bar{x}_j — урожайность в j -м году; $\bar{x} \dots$ — урожайность в опыте.

При определении селекционной ценности ярового овса использована формула В.В. Хангильдина [8] в изложении Н.А. Орлянского [12]:

$$Sc = \bar{x}^2 \frac{x_{\text{lim}}^2}{x_{\text{opt}}}, \quad (6)$$

где \bar{x}^2 — средняя урожайность сорта за годы изучения; x_{lim} и x_{opt} — урожайность на оптимальном и лимитированном фонах соответственно; δ — среднее квадратическое отклонение.

Генотипический эффект, предложенный Б.П. Гурьевым (1981), оценен по формуле [13]

$$\xi_i = \bar{x}_i - \bar{x}, \quad (7)$$

где \bar{x}_i — средняя урожайность образцов по годам испытания; \bar{x} — средняя урожайность в опыте.

А.А. Быков [14] для характеристики сорта использует коэффициент стрессоустойчивости по формуле

$$K_{\text{ст}} = \frac{\sum Y_{\text{min}}}{n} / \frac{\sum Y_{\text{max}}}{m}, \quad (8)$$

где $K_{\text{ст}}$ — коэффициент стрессоустойчивости; $\sum Y_{\text{min}}$ — сумма минимальных урожаев, не превышающих показатель средней урожайности, т/га; $\sum Y_{\text{max}}$ — сумма максимальных урожаев, превышающих показатель средней урожайности; n — количество лет с урожайностью ниже среднемноголетнего показателя; m — количество лет с урожайностью выше среднемноголетнего показателя [14].

Б.А. Доспехов в качестве меры определения относительной стабильности сорта использует коэффициент вариации [7]:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} 100\%, \quad (9)$$

где V — стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности; S — стандартное отклонение; \bar{x} — среднее арифметическое.

В виде меры относительной стабильности сорта используется показатель, дополняющий значение коэффициента вариации до 100 %.

$$B = 100 - V, \quad (10)$$

где B — коэффициент выравненности; V — коэффициент вариации признака [7].

Перечисленные выше методики возможны к применению также для иных сельскохозяйственных культур при расчете параметров адаптивности.

По данным гидрометеорологического центра, среднемноголетнее значение ГТК для Омского региона Западной Сибири составляет 0,82, что означает засушливые условия. Периоды вегетации 2011 и 2014 гг. характеризовались засушливыми условиями (ГТК = 0,90 и 0,92), очень сухие условия отмечены в 2012 и 2015 гг. (ГТК = 0,69 и 0,70). Достаточным увлажнением отличались периоды вегетации 2013 и 2018 г. (ГТК = 0,99).

Объектом исследования были 9 сортов ярового овса, селекции Омского АНЦ. К пленчатой группе относятся сорта: Орион (стандарт), Иртыш 13, Иртыш 21, Тарский 2, Памяти Богачкова, Факел, Сибирский геркулес. Голозерные сорта: Сибирский голозерный (стандарт), Прогресс.

Результаты исследования и обсуждение

Основным параметром, определяющим ценность сорта, является урожайность [15, 16]. В среднем за период исследований урожайность овса составила 3,58 т/га (табл. 1). Сорта пленчатой группы формировали повышенную урожайность (в среднем 4,31 т/га), по сравнению с голозерными (2,85 т/га).

Таблица 1

Урожайность сортов ярового овса по годам

Сорт	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	\bar{x}_i
Пленчатые сорта										
Орион, st.	4,31	2,51	4,15	3,97	5,47	3,08	5,09	3,79	5,30	4,19
Иртыш 13	3,65	2,24	3,89	3,62	5,69	2,99	4,86	4,22	5,85	4,11
Иртыш 21	4,14	2,44	4,27	4,16	5,42	3,00	5,89	3,24	5,69	4,25
Тарский 2	3,65	2,38	4,34	3,95	5,52	3,54	5,24	3,29	6,06	4,22
Памяти Богачкова	4,04	2,27	4,09	4,34	5,96	2,98	5,25	2,80	4,94	4,07
Факел	3,89	2,34	4,65	2,69	5,90	4,72	5,26	5,24	8,50	4,80
Сибирский геркулес	4,17	2,17	5,26	4,57	5,69	3,09	5,75	3,79	6,26	4,53
Голозерные сорта										
Сибирский голозерный, st.	2,54	1,53	2,41	2,42	4,26	2,30	3,01	4,39	4,39	3,03
Прогресс	2,12	1,55	2,43	2,64	4,02	2,04	2,90	2,49	3,82	2,67
НСР ₀₅	0,50	0,20	0,40	0,54	0,42	0,38	0,55	0,61	0,44	–
\bar{x}_j	3,66	2,17	3,93	3,67	5,29	3,05	4,78	4,05	5,49	3,58
lj	-0,35	-1,84	-0,08	-0,34	1,28	-0,96	0,77	0,04	1,48	–

Примечание. \bar{x}_j – среднее по году; \bar{x}_i – среднее по сорту; lj – индекс условий окружающей среды.

Productivity of spring oat cultivars

Cultivar	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	\bar{x}_i
Hulled oat cultivars										
Orion (control)	4.31	2.51	4.15	3.97	5.47	3.08	5.09	3.79	5.30	4.19
Irtys 13	3.65	2.24	3.89	3.62	5.69	2.99	4.86	4.22	5.85	4.11
Irtys 21	4.14	2.44	4.27	4.16	5.42	3.00	5.89	3.24	5.69	4.25
Tarsky 2	3.65	2.38	4.34	3.95	5.52	3.54	5.24	3.29	6.06	4.22
Pamyati Bogachkova	4.04	2.27	4.09	4.34	5.96	2.98	5.25	2.80	4.94	4.07
Fakel	3.89	2.34	4.65	2.69	5.90	4.72	5.26	5.24	8.50	4.80
Sibirsky gerkules	4.17	2.17	5.26	4.57	5.69	3.09	5.75	3.79	6.26	4.53
Naked oat cultivars										
Sibirsky golozerny (control)	2.54	1.53	2.41	2.42	4.26	2.30	3.01	4.39	4.39	3.03
Progress	2.12	1.55	2.43	2.64	4.02	2.04	2.90	2.49	3.82	2.67
LSD ₀₅	0.50	0.20	0.40	0.54	0.42	0.38	0.55	0.61	0.44	–
\bar{x}_j	3.66	2.17	3.93	3.67	5.29	3.05	4.78	4.05	5.49	3.58
lj	-0.35	-1.84	-0.08	-0.34	1.28	-0.96	0.77	0.04	1.48	–

Note. \bar{x}_j – average for the year; \bar{x}_i – average for the cultivar; lj – index of environmental conditions.

Наиболее благоприятные почвенно-климатические условия выращивания для получения высокой урожайности сложились в 2015 и 2019 гг. (5,29 и 5,49 т/га) при максимальном индексе условий окружающей среды (I_j равен 1,28 и 1,48).

В пленчатой группе средняя урожайность стандартного сорта Орион составила 4,19 т/га. Превышали стандарт по данному показателю сорта Факел и Сибирский геркулес (+0,61 и +0,34 т/га). Остальные сорта характеризовались средней урожайностью на уровне стандарта (4,07...4,25 т/га).

В голозерной группе средняя урожайность стандарта отмечена на уровне 3,03 т/га. Сорт Прогресс значительно уступал стандарту (-0,36 т/га).

Согласно расчетам по методике В.В. Хангильдина [8], сорта Орион, Иртыш 13, Факел, Сибирский геркулес относятся к группе высокостабильных (ИС = 3,51...3,95) (табл. 2). К группе стабильных — сорта Иртыш 21, Тарский 2 и Памяти Богачкова (ИС = 3,31...3,45).

Таблица 2

Параметры адаптивности сортов ярового овса

Сорт	Эр	B	Wi	ИС	Y, %	K _{CT}	Hom	Sc	εi	V
Пленчатые сорта										
Орион*, st.	5,47	75,9	2,35	3,95	29,1	0,694	5,59	8,06	0,61	24,1
Иртыш 13*	3,90	73,2	1,87	3,74	12,2	0,636	4,25	6,47	0,53	26,8
Иртыш 21**	6,06	71,2	3,70	3,45	40,2	0,638	4,26	7,48	0,67	28,8
Тарский 2**	5,77	71,9	4,40	3,45	9,8	0,635	4,10	6,99	0,64	28,1
Памяти Богачкова**	4,45	70,1	4,50	3,34	11,4	0,700	3,68	6,31	0,49	29,9
Факел*	10,95	62,0	12,49	3,66	8,2	0,587	2,08	6,34	1,22	38,0
Сибирский геркулес*	8,48	68,9	9,48	3,51	32,7	0,600	3,66	7,11	0,95	31,7
Голозерные сорта										
Сибирский голозерный***, st.	-4,95	65,0	4,62	3,00	13,0	0,544	3,03	3,19	-0,55	35,0
Прогресс***	-8,19	69,7	2,99	3,29	7,3	0,508	3,56	2,47	-0,91	30,3
<<Eqn001.eps>>	2,06	2,2	1,10	0,09	4,10	0,02	0,32	0,64	0,08	1,40

Примечание. * – высокостабильные сорта; ** – стабильные; *** – нестабильные.

Table 2

Adaptability parameters of spring oat cultivars

Cultivar	Er	B	Wi	SI	Y, %	Kst.	Hom	Sc	εi	V
Hulled oat cultivars										
Orion* (control)	5.47	75.9	2.35	3.95	29.1	0.694	5.59	8.06	0.61	24.1
Irtysch 13*	3.90	73.2	1.87	3.74	12.2	0.636	4.25	6.47	0.53	26.8
Irtysch 21**	6.06	71.2	3.70	3.45	40.2	0.638	4.26	7.48	0.67	28.8
Tarsky 2**	5.77	71.9	4.40	3.45	9.8	0.635	4.10	6.99	0.64	28.1
Pamyati Bogachkova**	4.45	70.1	4.50	3.34	11.4	0.700	3.68	6.31	0.49	29.9
Fakel*	10.95	62.0	12.49	3.66	8.2	0.587	2.08	6.34	1.22	38.0
Sibirsky gerkules*	8.48	68.9	9.48	3.51	32.7	0.600	3.66	7.11	0.95	31.7
Naked oat cultivars										
Sibirsky голозерный*** (control)	-4.95	65.0	4.62	3.00	13.0	0.544	3.03	3.19	-0.55	35.0
Progress***	-8.19	69.7	2.99	3.29	7.3	0.508	3.56	2.47	-0.91	30.3
<<Eqn002.eps>>	2.06	2.2	1.10	0.09	4.10	0.02	0.32	0.64	0.08	1.40

Note. * – highly stable cultivars; ** – stable; *** – unstable.

Анализ стабильности по методике Р.А. Удачин и П.А. Головченко [9] показал, что низкий уровень данного признака присущ сортам Прогресс, Сибирский геркулес, Тарский 2 (Y равен 7,3, 8,2 и 9,8 % соответственно). Высокий отмечен у сортов Иртыш 21, Сибирский геркулес, Орион ($Y = 29,1...40,2$ %).

Повышенной стрессоустойчивостью обладали сорта Памяти Богачкова, Орион, Иртыш 21, Иртыш 13, Тарский 2, Сибирский геркулес ($K_{ст} = 0,700...0,600$).

Сорта Орион, Иртыш 21, Иртыш 13, Тарский 2, Памяти Богачкова и Сибирский геркулес характеризуются высоким уровнем гомеостатичности ($Ном = 3,66...5,59$). Таким образом, данные сорта способны уменьшить влияние большинства факторов внешней среды и формировать высокий и стабильный урожай.

К группе сортов, сочетающих высокую урожайность и адаптивность к условиям выращивания, относятся Орион, Иртыш 21, Сибирский геркулес, Тарский 2, Иртыш 13, Факел, Памяти Богачкова ($Sc = 6,3...8,06$).

Сорта Сибирский голозерный и Прогресс характеризуются невысоким уровнем приспособленности к местным условиям ($Sc = 3,19$ и $2,47$).

Анализ показателей генотипического эффекта выявил, что высоким уровнем стабильности обладают сорта: Факел, Сибирский геркулес, Иртыш 21, Тарский 2, Орион, Памяти Богачкова и Иртыш 13 ($\epsilon_i = 0,53...1,22$). Низкий уровень устойчивости характерен для сортов Прогресс и Сибирский голозерный (ϵ_i равен $-0,91$ и $-0,55$).

Высокий уровень пластичности присущ сортам Сибирский геркулес ($Wi = 9,48$) и Факел ($Wi = 12,49$). Высокая степень стабильности сорта выявлена у сортов Иртыш 13, Орион, Прогресс, Иртыш 21, Тарский 2, Памяти Богачкова и Сибирский голозерный ($Wi = 1,87...6,2$).

В рассматриваемом нами опыте изменчивость урожайности всех исследуемых сортов значительна ($V > 20$ %). Наиболее приемлемы для использования в сельскохозяйственном производстве сорта, соответствующие условию $B > 70$ %. Высокий уровень выравненности отмечен у сортов Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Тарский 2, Памяти Богачкова ($B = 70,1...75,99$).

Повышенная адаптивность выявлена у всех пленчатых сортов ($\epsilon_p = 4,45...10,95$). К сортам со слабой реакцией на изменение условий выращивания относятся все голозерные сорта ($\epsilon_p = -4,95...-8,19$).

Для получения достоверного объективного определения адаптивных возможностей сорта необходимо использовать ряд оценочных параметров. В основу окончательной оценки адаптивности на базе значительного количества показателей положено ранжирование сортов (табл. 3).

Таблица 3

**Ранжирование сортов ярового овса по параметрам
экологической адаптации**

Сорт	Wi	ИС	Y	K _{ст}	Hom	Sc	Еi	V	B	Эр	Σ рангов
Пленчатые сорта											
Орион, st.	2	1	3	2	1	1	5	1	1	6	23
Иртыш 13	1	2	1	5	3	5	6	2	2	8	35
Иртыш 21	4	5	5	4	2	2	3	4	4	3	36
Тарский 2	5	5	8	6	4	4	4	3	3	5	47
Памяти Богачкова	6	6	6	1	5	7	7	5	5	7	58
Факел	9	3	9	8	10	6	1	10	10	1	67
Сибирский геркулес	8	4	2	7	6	3	2	7	7	2	48
Голозерные сорта											
Сибирский голозерный, st.	7	9	4	9	8	9	8	9	9	9	81
Прогресс	3	8	10	10	7	10	9	6	6	10	79

Table 3

Ranking of spring oat cultivars by adaptability parameters

Cultivar	Wi	SI	Y	K _{st}	Hom	Sc	Еi	V	B	Er.	Total ranks
Hulled oat cultivars											
Orion (control)	2	1	3	2	1	1	5	1	1	6	23
Irtysh 13	1	2	1	5	3	5	6	2	2	8	35
Irtysh 21	4	5	5	4	2	2	3	4	4	3	36
Tarsky 2	5	5	8	6	4	4	4	3	3	5	47
Pamyati Bogachkova	6	6	6	1	5	7	7	5	5	7	58
Fakel	9	3	9	8	10	6	1	10	10	1	67
Sibirsky gerkules	8	4	2	7	6	3	2	7	7	2	48
Naked oat cultivars											
Sibirsky golozerly (control)	7	9	4	9	8	9	8	9	9	9	81
Progress	3	8	10	10	7	10	9	6	6	10	79

На основании проведенной ранговой оценки выявлено, что повышенной адаптивностью обладают стандарт пленчатой группы Орион, сорта Иртыш 13 и Иртыш 21 (сумма рангов составила 23, 35 и 36 соответственно). Также к ста-

бильным можно отнести сорта Тарский 2 и Сибирский геркулес (сумма рангов равна 47 и 48).

В голозерной группе сорт Прогресс является более стабильным (сумма рангов 79), по сравнению со стандартом (сумма рангов равна 81).

Выводы

1. В среднем за период исследований с 2011 по 2019 гг. урожайность овса составила 3,58 т/га; повышенные ее значения отмечены в 2015 и 2019 гг. (5,29 и 5,49 т/га). Сорта пленчатой группы превышали по урожайности сорта голозерной на 1,46 т/га.

2. Для внедрения в производство рекомендуются сорта, которые по большинству методов оценки адаптивности характеризуются низкой суммой рангов (23...36 у пленчатых сортов Орион, Иртыш 21 и Иртыш 13 и 79 у голозерного сорта Прогресс).

3. Сорта Орион, Иртыш 21 и Иртыш 13 отличаются повышенной выравненностью ($B = 70,1...75,99$), стрессоустойчивостью ($K_{cr} = 0,636...0,694$), гомеостатичностью ($Hom = 4,25...5,59$), пластичностью ($Wi = 1,87...3,70$), адаптивностью ($Эр = 3,90...6,06$) и сочетанием высокой урожайности с адаптивностью к условиям выращивания ($Sc = 6,47...7,48$).

4. Голозерный сорт Прогресс пластичен ($Wi = 2,99$) и отличается слабой реакцией на изменение условий выращивания ($Эр = -8,19$).

Библиографический список

1. Баталова Г.А. Селекция растения в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2012. № 3. С. 20—25.
2. Агровести АПК, 2019. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii-itogi-2018-goda.html> Дата обращения: 11.12.2020.
3. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Т. 18. № 3. С. 548—552.
4. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиогенез). Кишинев: Штиинца, 1980. С. 587.
5. Лисова Ю.А., Дацко А.О., Марухняк А.Я., Царык З.О., Марухняк Г.И. Адаптивные особенности голозерных генотипов овса // *Вестник БГСХА*. 2016. № 3. С. 44—48.
6. Лоскутов И.Г. Генетические ресурсы овса и ячменя — источник результативной селекции в России // *Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы* : доклады II Междунар. конф. Санкт-Петербург : Изд-во ВИР, 2009. С. 200—205.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
8. Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // *Науч.-техн. бюл. всесоюз. селек.-генет. ин-та*. 1986. № 2(60). С. 36—41.
9. Удачин Р.А., Головченко А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // *Селекция и семеноводство*. 1990. № 5. С. 2—6.
10. Новохатин В.В. Экологическая селекция мягкой пшеницы // *Оптимизация селекционного процесса — фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири (ОСП–2019)*. Красноярск, 2019. С. 92—103.
11. Wricke C. Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen // *Z. Pflanzrenrichtung*. 1962. Vol. 47. N 1. P. 92—96.
12. Орлянский Н.А. Селекция и семеноводство зерновой кукурузы на повышение адаптивности в условиях Центрального Черноземья : автореф. дис. ... д-ра с/х наук. Белгород, 2004. С. 42.
13. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы / подгот. Б.П. Гурьев и др. Харьков: УНИИРСИГ, 1981. С. 32.

14. Быков А.В. Морфо-биологические особенности и агроклиматический потенциал урожайности сортов *Beta vulgaris*. var. *conditinaalef* в Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7. Ч. 2. С. 59—62. doi: 10.23670/IRJ.2017.61.020
15. Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(2). С. 42—49. doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49
16. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 37—43. doi: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43

References

1. Batalova GA. Plant breeding in conditions of instability of agroclimatic resources. *Legumes and Groat Crops*. 2012; (3):20—25. (In Russ).
2. Agrovestnik. *Posevnye ploshchadi, valovyye sbory i urozhainost' rzhi v Rossii* [Sown area, gross harvest and rye yield in Russia]. Available from: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovyye-sbory-i-urozhainost-rzhi-v-rossii-itogi-2018-goda.html> [Accessed: 11.12.2020]. (In Russ).
3. Potanin WG, Aleinikov AF, Stepochkin PI. A new approach to estimation of ecological plasticity of plant varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014; 18(3):548—552. (In Russ).
4. Zhuchenko AA. *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii (adaptatsiya, rekombinogenez, agrobiotsenoz)* [Ecological genetics of cultivated plants (adaptation, recombination, agrobiocenosis)]. Kishinev: Shtiintsa publ.; 1980. (In Russ).
5. Lisova YA, Datsko AO, Marukhnyak AY, Tsaryk ZO, Marukhnyak GI. Adaptive features of naked oat genotypes. *Bulletin of the BSSA*. 2016; (3):44—48. (In Russ).
6. Loskutov IG. Genetic resources of oats and barley as a source of effective breeding in Russia. In: *Geneticheskie resursy kul'turnykh rastenii v XXI veke: sostoyanie, problemy, perspektivy* [Genetic resources of cultivated plants in the XX-th century: state, problems, prospects]. St. Petersburg: VIR publ.; 2009. p. 200—205. (In Russ).
7. Dospikhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat publ.; 1985. (In Russ).
8. Khangildin VV. Parameters of evaluation of homeostaticity of varieties and breeding lines in tests of ear crops. *Nauchno-tehnicheskii byulleten' VSGI*. 1986; (2):36—41. (In Russ).
9. Udachin RA, Golovchenko AP. Methodology for assessing the ecological plasticity of wheat varieties. *Seleksiya i semenovodstvo*. 1990; (5):2—6. (In Russ).
10. Novokhatin VV. Ecological selection of soft wheat. In: *Optimizatsiya se-lektsionnogo protsessa — faktor stabilizatsii i rosta produktivnosti rastenievodstva Sibiri (OSP –2019)* [Optimization of the selection process — a factor of stabilization and growth of plant production in Siberia (OSP-2019)]. Krasnoyarsk; 2019. p. 92—103. (In Russ).
11. Wricke C. Under line method zur Ertassung der ecologischen Strenbreite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenerziehung*. 1962; 47(1):92—96.
12. Orlyansky NA. *Seleksiya i semenovodstvo zernovoi kukuruzy na povyshenie adaptivnosti v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya* [Selection and seed production of grain corn to increase adaptability in conditions of the Central Chernozem region]. Belgorod; 2004. (In Russ).
13. Guriev BP. *Metodicheskie rekomendatsii po ekologicheskomu sortoispytaniyu kukuruzy* [Methodological recommendations for ecological variety testing of corn]. Kharkov: UNIIRSiG publ.; 1981. (In Russ).
14. Bykov AV. Morpho-biological features and agroclimatic potential of crop productivity of *Beta vulgaris* l., var. *Conditiva Alef*. in Western Siberia. *International research journal*. 2017; (7-2):59—62. (In Russ). doi: 10.23670/IRJ.2017.61.020
15. Yusova OA, Nikolaev PN, Safonova IV, Aniskov NI. Changes in oat grain yield and quality with increased adaptability of cultivars. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(2):42—49. (In Russ). doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49
16. Nikolaev PN, Yusova OA, Anisimov NI, Safonova IV. Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(1): 37—43. (In Russ). doi: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43

Об авторах:

Юсова Оксана Александровна — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Омский аграрный научный центр», Российская Федерация, 644012, г. Омск, пр. Королева, д. 26; e-mail: ksanajusva@rambler.ru

ORCID 0000-0003-3679-8985

AuthorID 547227

Николаев Петр Николаевич — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Омский аграрный научный центр», Российская Федерация, 644012, г. Омск, пр. Королева, д. 26; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru

ORCID 0000-0002-5192-2967

AuthorID 834930

Анисков Николай Иванович — доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

ORCID 0000-0002-7819-8286

AuthorID 260589

Сафонова Ирина Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

ORCID 0000-0001-8138-930X

AuthorID 430608

About authors:

Yusova Oksana Aleksandrovna — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Genetics, Biochemistry and Plant Physiology, Omsk Agrarian Scientific Center, Koroleva avenue, Omsk, 26644012, Russian Federation; e-mail: ksanajusva@rambler.ru

ORCID 0000-0003-3679-8985

AuthorID: 547227

Nikolaev Petr Nikolayevich — Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory for selection of grain crops, Omsk Agrarian Scientific Center, Koroleva avenue, Omsk, 26644012, Russian Federation; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru

ORCID 0000-0002-5192-2967

AuthorID 834930

Aniskov Nikolay Ivanovich — Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Vavilov Institute of Plant Genetic Resources, 42/44 Bolshaya Morskaya st., St. Petersburg, 190000, Russian Federation; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

ORCID 0000-0002-7819-8286

AuthorID 260589

Safonova Irina Vladimirovna — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Vavilov Institute of Plant Genetic Resources, 42/44 Bolshaya Morskaya st., St. Petersburg, 190000, Russian Federation; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

ORCID 0000-0001-8138-930X

AuthorID 430608

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-54-65
УДК 635.21]: 631.526.32: 631.6

Научная статья / Research article

Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество кукурузы на зерно в условиях Предгорной подпровинции Республики Дагестан

Ш.М. Хашдахилова*, М.Р. Мусаев, М.Б. Халилов, А.А. Магомедова

ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Российская Федерация

*shumakaktus@mail.ru

Аннотация. Полевые опыты проведены на каштановых почвах Предгорного Дагестана в период с 2018 по 2020 гг. В качестве объекта исследований выбраны гибриды кукурузы на зерно при обработке разными стимуляторами роста. В результате установлено, что уборочная спелость гибридов РОСС 299 МВ и Машук 355 МВ наступила на 2...5 суток раньше по сравнению с вариантом, где не применялись стимуляторы. Используемые в опыте стимуляторы роста не оказали значительного влияния на показатель всхожести семян. Среди изучаемых гибридов наибольшие данные всхожести семян были отмечены у гибрида Машук 355 МВ. Наибольшие значения площади листовой поверхности и чистой продуктивности посевов отмечены у гибрида Машук 355 МВ. На вариантах с регуляторами роста показатели листовой поверхности были выше соответственно на 4,4 и 5,5; 6,0 и 8,4 %. Примерно такая же динамика зафиксирована по чистой продуктивности фотосинтеза и накоплению сухого вещества. Наибольшую урожайность обеспечил гибрид Машук 355 МВ, что соответственно на 30,5; 31,5 и 32,5 % больше данных стандарта. Урожайность гибридов кукурузы резко повысилась при обработке регуляторами роста. Наиболее высокие данные отмечены на делянках с регулятором роста Мегамикс N₁₀, что выше данных контроля соответственно на 30,0 и 32,5 %. На фоне регулятора роста Аминокат 30% прибавка составила 23,7 и 24,7 % соответственно. Достаточно высокие показатели структуры урожая зафиксированы у гибрида Машук 355 МВ на варианте со стимулятором роста Мегамикс N₁₀.

Ключевые слова: Предгорная подпровинция Дагестана, кукуруза на зерно, гибриды кукурузы, стимуляторы роста, урожайность

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

История статьи:

Поступила в редакцию: 10 февраля 2021 г. Принята к публикации: 10 марта 2021 г.

Для цитирования:

Хашдахилова Ш.М., Мусаев М.Р., Халилов М.Б., Магомедова А.А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество кукурузы на зерно в условиях Предгорной подпровинции Республики Дагестан // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 54–65. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-54-65

© Хашдахилова Ш.М., Мусаев М.Р., Халилов М.Б., Магомедова А.А., 2021



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

Effect of growth stimulants on yield and quality of grain corn grown in Piedmont sub-province of Dagestan

Shumaysat M. Khashdakhilova*, **Magomed R. Musaev**,
Magomednur B. Khalilov, **Aminat A. Magomedova**

Dagestan State Agrarian University, *Makhachkala, Russian Federation*

*Corresponding author: shumakaktus@mail.ru

Abstract. Field experiments were carried out on chestnut soils of Piedmont Dagestan in 2018—2020. Hybrids of grain corn treated with different growth stimulants were the object of epy research. The experiments showed that the harvesting ripeness of hybrids ROSS 299 MV and Mashuk 355 MV occurred 2...5 days earlier after treatment with growth stimulants compared to the control. The growth stimulants used in the experiment did not have a significant effect on seed germination rate. Among the studied hybrids, the highest seed germination were observed in Mashuk 355 MV hybrid. The highest values of leaf area and net productivity of crops were in hybrid Mashuk 355 MB. Plants treated with growth regulators had higher leaf surface by 4.4 % and 5.5 %; 6.0 % and 8.4 %, respectively. Approximately the same dynamics was recorded for photosynthesis net productivity and accumulation of dry matter. Mashuk 355 MV hybrid showed the best yield, which was 30.5; 31.5 and 32.5 % higher respectively, compared to the standard. Productivity of corn hybrids treated with growth regulators increased significantly. The highest data were observed on plants treated with Megamiks N₁₀ growth regulator, which were higher than the control data by 30.0 and 32.5 %, respectively. Aminokat 30% growth regulator increased corn productivity by 23.7 and 24.7 %, respectively. Sufficiently high indicators of yield structure were recorded in Mashuk 355 MV hybrid in the variant with the Megamiks N₁₀ growth stimulator.

Key words: Piedmont sub-province of Dagestan, grain corn, corn hybrids, growth stimulants, yield

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

Article history:

Received: 10 February 2021. Accepted: 10 March 2021

For citation:

Khashdakhilova SM, Musaev MR, Khalilov MB, Magomedova AA. Effect of growth stimulants on yield and quality of grain corn grown in Piedmont sub-province of Dagestan. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):54—65. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-54-65

Введение

Актуальность. В Дагестане основной культурой, которая применяется для различных целей, является кукуруза. Но, однако, урожайность, как зерна, так и силосной массы данной культуры в 1,5...2,0 раза ниже, чем в опытно-производственных предприятиях. Это свидетельствует о большой значимости соблюдения приемов агротехники для получения высокой урожайности кукурузы.

Основной причиной снижения урожайности кукурузы на зерно, согласно данным зарубежных исследователей [1—5], является то, что растения после гербицидной обработки замедляют процессы роста и развития, так как они восприимчивы к заболеваниям, а также происходит увядание в результате пожелтения листьев.

Обеспечить достаточно высокую продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур против неблагоприятных факторов среды невозможно без

освоения наукоемких, энергосберегающих технологий их выращивания [6—10]. Использование биологических препаратов роста растений является одним из элементов такой технологии [11—14].

Многие элементы возделывания данной культуры в Предгорной зоне Дагестана (в частности, не выявлена роль стимуляторов роста) недостаточно разработаны, поэтому разработка новых элементов технологии выращивания гибридов кукурузы с использованием стимуляторов роста является актуальной и имеет большое практическое значение.

В Дагестане вопросами возделывания кукурузы на зерно занимались Г.Н. Гасанов [15, 16], А.Ш. Гимбатов [17] и др. Однако исследований, направленных на выявление эффективности применения стимуляторов роста под данную культуру в условиях Предгорного Дагестана, практически не проводилось.

Цель исследований — совершенствование элементов технологии возделывания гибридов кукурузы на зерно в условиях Предгорного Дагестана с использованием ростостимуляторов.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования были проведены в 2018—2020 гг. в двухфакторном полевом опыте по следующей схеме.

Фактор А — гибриды: изучалась сравнительная продуктивность следующих гибридов кукурузы на зерно: РОСС 299 МВ (стандарт), Машук 355 МВ.

Фактор В — стимуляторы роста: 1 — без обработки (контроль); 2 — Аминокат 30%; 3 — Мегамикс N₁₀.

Согласно схеме опыта, посеvy кукурузы в фазе 5-6 листьев были обработаны стимуляторами роста Аминокат 30% и Мегамикс N₁₀, дозой 0,5 л/га.

Опыт полевой, повторность четырехкратная, размещение делянок — рендомизированное.

Предшественник — озимая пшеница.

Почва экспериментального участка каштановая. Величина перегноя в гумусовом горизонте этих почв колеблется от 2 до 3,5 %, а запасы гумуса в метровом слое равняются 190...220 т/га.

В пахотном слое почвы содержится от 30 до 90 мг/кг гидролизуемого азота, от 10 до 35 мг/кг — подвижного фосфора и от 200 до 300 мг/кг — обменного калия.

Показатели плотности и наименьшей влагоемкости каштановых почв в метровом слое составляют соответственно 1,54 т/м³ и 22,4 %, в слое почвы 0,6 м — 1,42 т/м³ и 25,0 %.

Постановка полевого эксперимента выполнена в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова [18].

Результаты исследования и обсуждение

Сроки посева семян кукурузы в наших условиях дифференцировались в зависимости от производственных условий и погодных факторов: семена кукурузы

зы были посеяны сеялкой СУПН-8 5 мая в условиях 2018 г.; 8 мая — в 2019 г.; 3 мая — в 2020 г.

В среднем за годы проведения исследований на контрольном варианте продолжительность вегетационного периода гибридов кукурузы РОСС 299 МВ (стандарт) и Машук 355 МВ составила соответственно 117 и 128 дней.

По сравнению с контрольным вариантом при обработке стимулятором роста Аминокат 30% уборочная спелость зерна наступила на 3–6 дней, а на варианте со стимулятором Мегамикс N₁₀ — на 5–6 дней раньше.

Исследования показали, что полнота всходов в среднем за 2018—2020 гг. у гибридов РОСС 299 МВ (стандарт) и Машук 355 МВ на варианте без применения стимуляторов роста варьировала в пределах от 95,3 до 97,6 % (табл. 1). Анализируя данный показатель на вариантах со стимуляторами роста, следует отметить, что на этот показатель они не оказали существенного влияния, видимо, потому что обработка посевов стимуляторами проводилась в фазе 5-6 листьев у растений кукурузы.

Таблица 1

Полнота всходов гибридов кукурузы в зависимости от изучаемых агроприемов (средняя за 2018–2020 гг.)

Стимуляторы роста	Гибрид	Количество растений, тыс. шт./га	Полнота всходов, %
Без обработки (контроль)	РОСС 299 МВ (стандарт)	66,7	95,3
	Машук 355 МВ	68,3	97,6
Аминокат 30%	РОСС 299 МВ (стандарт)	66,4	94,8
	Машук 355 МВ	67,5	96,4
Мегамикс N ₁₀	РОСС 299 МВ (стандарт)	66,7	95,3
	Машук 355 МВ	67,6	96,6

Table 1

Seedling vigor of corn hybrids depending on growth stimulant treatment (2018–2020)

Growth stimulants	Hybrid	Number of plants, thousand plants/ha	Seedling vigor, %
Without treatment (control)	ROSS 299 MV (standard)	66.7	95.3
	Mashuk 355 MV	68.3	97.6
Aminokat 30%	ROSS 299 MV (standard)	66.4	94.8
	Mashuk 355 MV	67.5	96.4
Megamiks N ₁₀	ROSS 299 MV (standard)	66.7	95.3
	Mashuk 355 MV	67.6	96.6

Полнота всходов на делянках со стимулятором Аминокат 30% у вышеназванных гибридов составила соответственно 94,8...96,4 %, а на варианте со стимулятором роста Мегамикс N₁₀ — 95,3...96,6 %.

Другим показателем, определяющим эффективность тех или иных агротехнических мероприятий, является сохранность растений перед уборкой. В среднем за 2018—2020 гг. сохранность растений у стандарта (РОСС 299 МВ) и гибрида Машук 355 МВ, на контрольном варианте составила соответственно 83,7...85,6 % (табл. 2).

Таблица 2

Влияние стимуляторов роста на количество и сохранность растений кукурузы перед уборкой (средняя за 2018—2020 гг.)

Стимуляторы роста	Гибрид	Количество растений, тыс. шт./га	Сохранность растений, %
Без обработки (контроль)	РОСС 299 МВ (стандарт)	58,6	83,7
	Машук 355 МВ	59,9	85,6
Аминокат 30%	РОСС 299 МВ (стандарт)	60,0	85,7
	Машук 355 МВ	61,0	87,1
Мегамикс N ₁₀	РОСС 299 МВ (стандарт)	61,1	87,3
	Машук 355 МВ	63,3	90,4

Table 2

Effect of growth stimulants on corn plants before harvest (2018—2020)

Growth stimulants	Hybrid	Number of plants, thousand plants/ha	Plant survival, %
Without treatment (control)	ROSS 299 MV (standard)	58.6	83.7
	Mashuk 355 MV	59.9	85.6
Aminokat 30%	ROSS 299 MV (standard)	60.0	85.7
	Mashuk 355 MV	61.0	87.1
Megamiks N ₁₀	ROSS 299 MV (standard)	61.1	87.3
	Mashuk 355 MV	63.3	90.4

В дальнейшем, после обработки были созданы благоприятные условия для нормального роста и развития растений, в связи с чем наблюдалась более высокая сохранность растений. Так, на фоне обработки стимулятором Аминокат 30% сохранность растений перед уборкой у стандарта (РОСС 299 МВ) повысилась на 2 %, а у изучаемого гибрида Машук 355 МВ — на 1,5 %.

Наиболее высокие значения наблюдались при обработке стимулятором Мегамикс N₁₀, что выше данных первого варианта соответственно на 3,6 и 4,8 %.

Исследования показали, что изучаемые гибриды кукурузы сформировали примерно одинаковые значения листовой поверхности на контрольном варианте — соответственно 43,3 и 43,8 тыс. м²/га. Применяемые стимуляторы роста Аминокат 30% и Мегамикс N₁₀ повысили площадь листовой поверхности у вышеуказанных гибридов кукурузы на 4,4 и 5,5; 6,0 и 8,4 % соответственно.

Примерно такая же динамика отмечена также по показателям чистой продуктивности фотосинтеза — 8,37 и 8,49 г/м²·сутки. В случае применения стимуляторов роста наблюдалось увеличение показателей фотосинтетической деятельности посевов гибридов. Так, на делянках с применением стимулятора Аминокат 30% значения площади листовой поверхности составили: у стандарта — 45,3 тыс. м²/га, а у гибрида Машук 355 МВ — 46,3 тыс. м²/га. Это больше данных первого варианта соответственно на 4,6...5,7 %.

На варианте со стимулятором Мегамикс N₁₀ наблюдались наибольшие значения фотосинтетической деятельности. Так, площадь листьев, накопление сухого вещества и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) у гибрида РОСС 299 МВ составили соответственно 46,0 тыс. м²/га, 25,8 т/га и 9,77 г/ м²·сутки, при 47,6 тыс. м²/га, 28,8 т/га, 9,86 г/ м²·сутки — на делянках с гибридом Машук 355 МВ. Эти данные на варианте без применения стимуляторов роста у стандарта и гибрида Машук 355 МВ были ниже соответственно на 6,2 и 20,6; 16,7 и 8,7; 21,5 и 16,1 %.

В нашем эксперименте урожайность стандарта (РОСС 299 МВ) на контрольном варианте в среднем за годы проведения опыта составила 5,9 т/га (рис. 1).

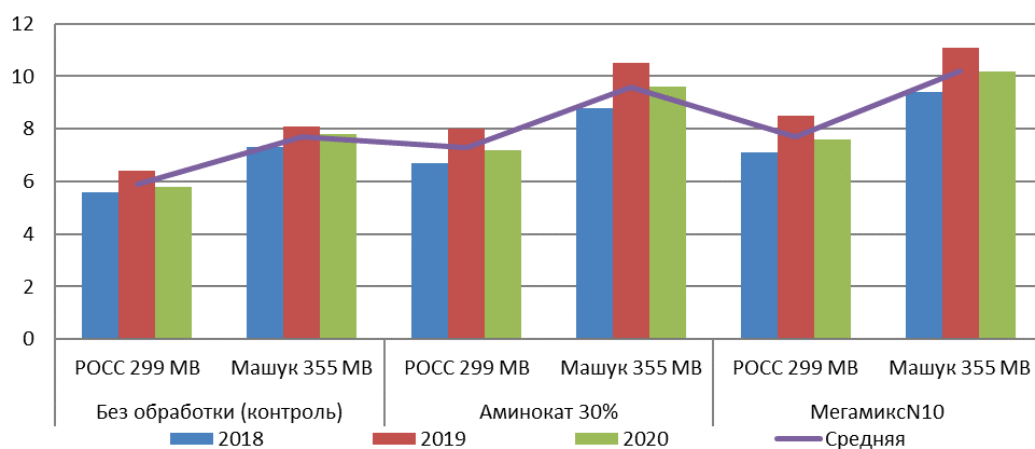


Рис. 1. Урожайность кукурузы в зависимости от применяемых регуляторов роста, т/га

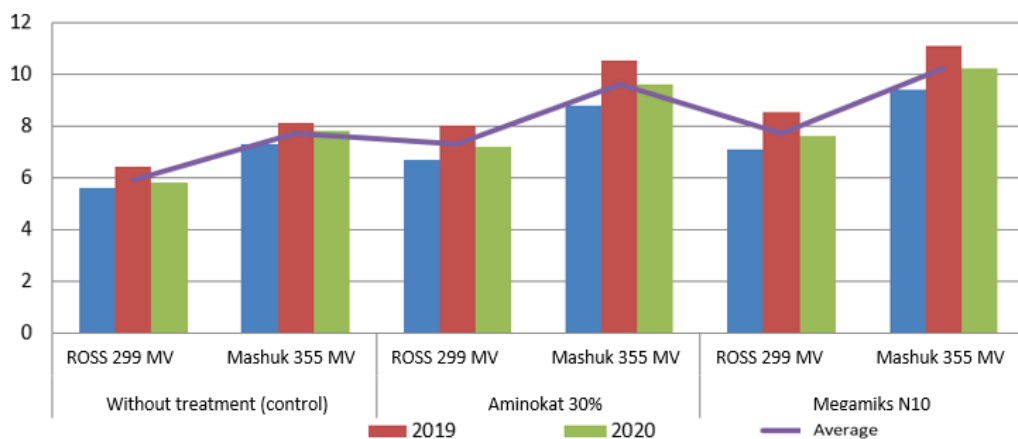


Fig. 1. Effect of growth regulators on corn productivity, t/ha

Наибольшую урожайность обеспечил гибрид Машук 355 МВ. Превышение по сравнению с гибридом РОСС 299 МВ на вариантах опыта составило соответственно 30,5; 31,5 и 32,5 %.

На фоне применения стимулятора Аминокат 30% урожайность стандарта (РОСС 299МВ) увеличилась на 23,7 %, а гибрида Машук 355 МВ — на 24,7 %.

Наиболее высокие данные получены на варианте, где применялся стимулятор Мегамикс N₁₀. Урожайность стандарта и гибрида Машук 355 МВ в данном случае возросла на 30,5 и 32,5 % соответственно.

Анализируя данные по урожайности гибридов кукурузы в зависимости от применяемых стимуляторов роста можно отметить, что в среднем наибольшую прибавку они обеспечили на фоне применения стимулятора Мегамикс N₁₀, превышение с данными по стимулятору Аминокат 30% составило соответственно 5,5 и 6,2 %.

На рис. 2 видно, что показатели структуры урожая (выход зерна с початка, масса 1000 зерен, масса початка, масса зерна в початке, длина початка) у стандарта (РОСС 299 МВ) на контрольном варианте составили соответственно 77,4 %, 251,3 г, 170 г, 131,6 г и 19,0 см.

На посевах с гибридом Машук 355 МВ, показатели структуры урожая, за исключением длины початка, увеличились на 4,0; 7,7; 6,8 и 12,4 %. На вариантах со стимуляторами роста отмечено некоторое повышение этих показателей. Так, на делянках со стимулятором Аминокат 30% у гибридов кукурузы вышеуказанные показатели (без учета длины початка) увеличились соответственно на 4,5 и 2,0; 3,7 и 3,8; 11,1 и 7,5 и; 16,1 и 9,6 %.

На фоне стимулятора Мегамикс N₁₀ увеличение составило 7,1 и 4,7; 7,4 и 4,5; 13,2 и 11,8; 21,3 и 31,3 % соответственно.

Исследуя закономерности формирования показателей структуры урожая гибридами кукурузы на вариантах со стимуляторами роста можно отметить, что здесь, как и в случае с контрольным вариантом, гибрид Машук 355 МВ значительно превосходит стандарт (РОСС 299 МВ).

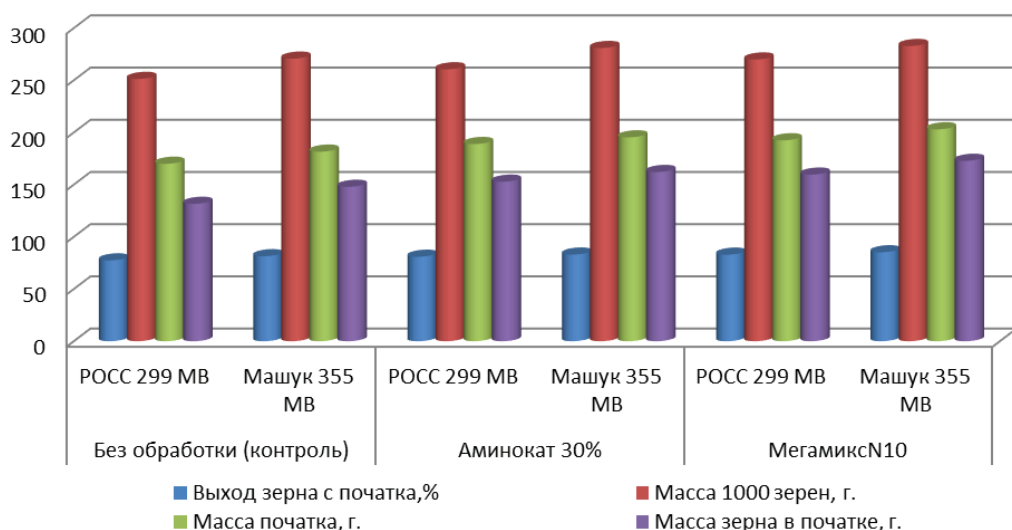


Рис. 2. Структура урожая кукурузы в зависимости от применяемых регуляторов роста

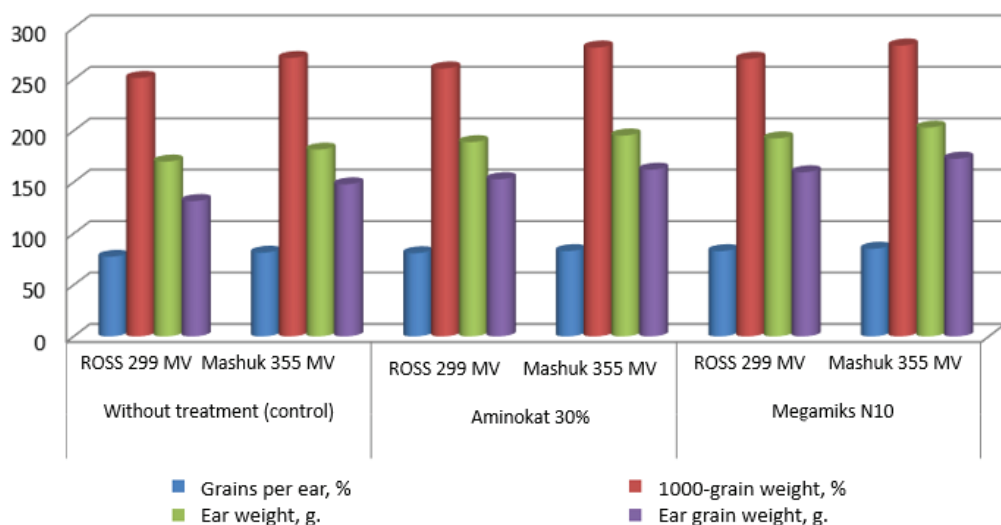


Fig. 2. Components of corn harvest depending on growth regulator treatment

В наших исследованиях на контрольном варианте самое высокое содержание крахмала, протеина и жира зафиксировано у гибрида Машук 355 МВ 66,39; 8,41 и 3,81 % соответственно (рис. 3). Это выше показателей по гибриду РОСС 299 МВ на 0,43; 0,24 и 0,54 % соответственно.

На делянках со стимулятором Аминокат 30% отмечено некоторое, по сравнению с контрольным вариантом, увеличение содержания крахмала, протеина и жира. Так, на посевах с гибридом РОСС 299 МВ (стандарт) превышение составило соответственно 7,65; 0,21 и 0,20 %.

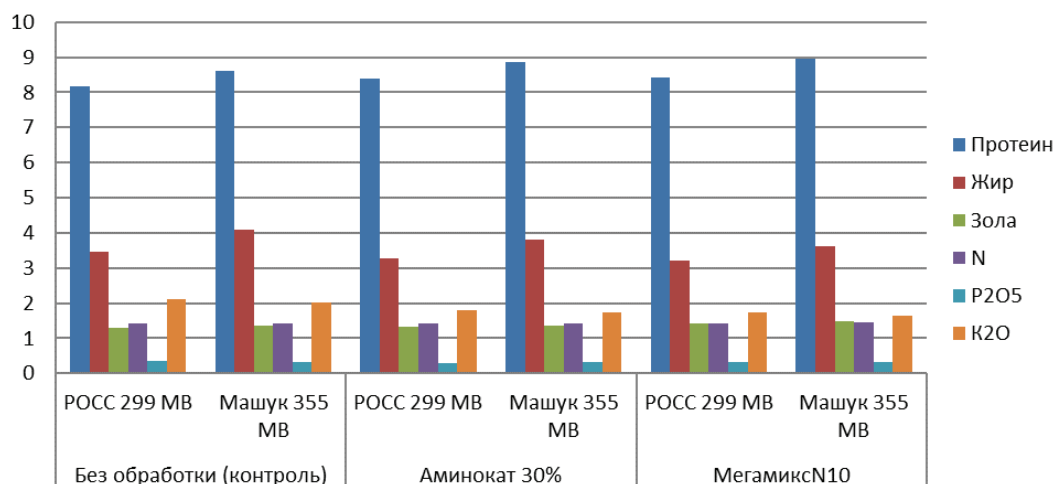


Рис. 3. Химический состав кукурузы в зависимости от применяемых стимуляторов роста

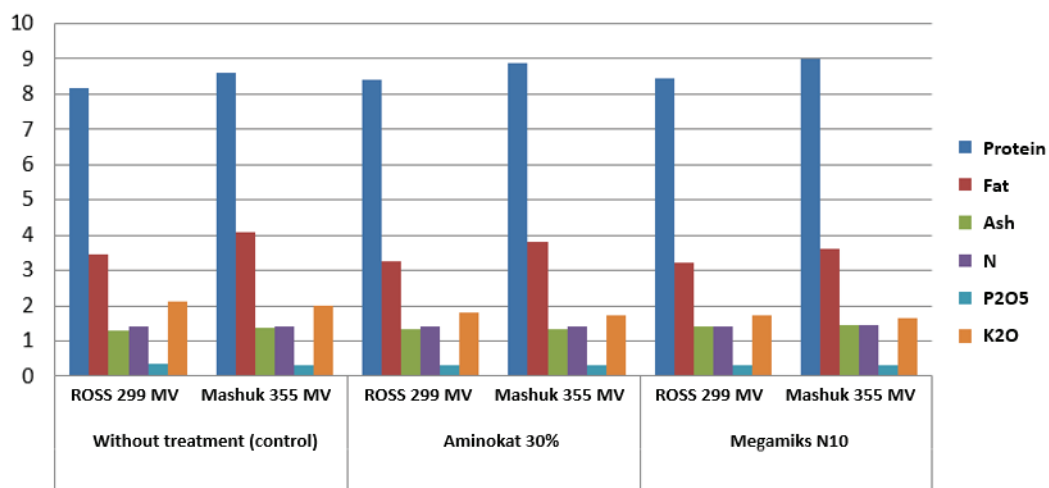


Fig. 3. Chemical composition of corn grains depending on growth stimulants used

Достаточно высокие показатели крахмала, протеина и жира у гибридов кукурузы зафиксированы на варианте со стимулятором Мегамикс N₁₀.

Выводы

1. Для возделывания кукурузы на зерно в Предгорной подпровинции Дагестана рекомендуется использовать среднеспелый гибрид Машук 355 МВ.
2. Для достижения достаточно высоких показателей продуктивности гибридов кукурузы рекомендуется применять обработку посевов в фазе 5-6 листьев стимулятором роста Мегамикс N₁₀ дозой 0,5 л/т.

Библиографический список

1. Bukhov N.G., Samson G., Carpentier R. Nonphotosynthetic Reduction of the Intersystem Electron Transport Chain of Chloroplasts Following Heart stress. Steady-State Rate // *Photochem. Photobiol.* 2000. V. 72. No 3. P. 351—357. doi: 10.1562/0031-8655(2000)0720351NROTIE2.0.CO2
2. Dammer K.H. *Technologie der Prazions landwirtschaft // Jahresbericht ATB 2006.* Potsdam-Bornim, 2007. P. 16—17.
3. Fuentes J.L. *El suelo y los fertilizantes.* Madrid: Mundi Press, 1994. P. 55—71.
4. Harbur M.M., Cruse R.M. Higher population and twin row configuration does not benefit strip intercropped corn // *Journal of the Iowa Academy of Science.* 2000. V. 107. No 1. P. 3—9.
5. Montesinos E., Bonaterra A., Badosa E., Frances J., Alemany J., Moragrega C. Plant-microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control // *International Microbiology.* 2002. V. 5. No 4. P. 169—175. doi: 10.1007/s10123-002-0085-9
6. Адаев Н.Л., Хамзатова М.Х., Амаева А.Г., Муев А.А., Адаев А.Н. Интенсификация системы удобрения кукурузы в условиях орошения в Чеченской Республике // *Кукуруза и сорго.* 2019. № 2. С. 14—21. doi: 10.25715/KS.2019.2.31829
7. Багринцева В.Н. Гибриды кукурузы для юга России // *Кукуруза и сорго.* 2014. № 1. С. 9—11.
8. Багринцева В.Н. Урожайность кукурузы в зависимости от условий выращивания // *Кормопроизводство.* 2014. № 11. С. 22—26.
9. Багринцева В.Н., Шмалько И.А., Кузнецова С.В., Ивашенко И.Н., Губа Е.И. Влияние агротехнических приемов на урожай зерна гибрида кукурузы Машук 355 МВ // *Научная жизнь.* 2017. № 11. С. 57—65.
10. Багринцева В.Н., Шмалько И.А., Кузнецова С.В., Ивашенко И.Н., Губа Е.И. Элементы технологии возделывания раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы в Ставропольском крае // *Новости науки в АПК.* 2018. № 1 (10). С. 9—13. doi: 10.25930/2218-855x-2018-1-10-1219
11. Ключин П.В., Мусаев М.Р., Хаидахилова Ш.М. Повышение продуктивности кукурузы на зерно в Предгорной подпровинции Республики Дагестан на фоне обработки регуляторами роста // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral.* 2020. № 2(2). С. 74—78. doi: 10.24411/2658-3569-2020-10074
12. Магомедова З.Н., Мусаев М.Р. Совершенствование технологии возделывания гибридов кукурузы на зерно в Терско-Сулакской подпровинции РД // *Проблемы развития АПК региона.* 2020. № 4(44). С. 113—116. doi: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.113
13. Мусаев М.Р., Курамагомедов А.У., Мусаева З.М., Хаидахилова Ш.М. Влияние регуляторов роста на продуктивность кукурузы на зерно в Предгорной подпровинции Республики Дагестан // *Известия Дагестанского ГАУ.* 2020. № 1(5). С. 90—93.
14. Савинова С.В., Мусаев М.Р., Мусаева З.М., Магомедова З.Н. Разработка экологически безопасной технологии возделывания гибридов кукурузы на зерно в орошаемых условиях Дагестана // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral.* 2020. № 2(2). С. 147—152. doi: 10.24411/2658-3569-2020-10071
15. Гасанов Г.Н., Гасанбеков Г.Р., Абдурахманов Ю.З., Шахбазов Г.Н. Технологический проект возделывания кукурузы. Махачкала, 1989. 44 с.
16. Гасанов Г.Н. *Основы систем земледелия Западного Прикаспия.* Махачкала, 2008. 263 с.
17. Гимбатов А.Ш. Ресурсосберегающая технология возделывания кукурузы. Махачкала, 2002. 40 с.
18. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта.* М. : Колос, 1985. 351 с.

References

1. Bukhov NG, Samson G, Carpentier R. Nonphotosynthetic Reduction of the Intersystem Electron Transport Chain of Chloroplasts Following Heart stress. Steady-State Rate. *Photochemistry and Photobiology.* 2000; 72(3):351—357. doi: 10.1562/0031-8655(2000)0720351NROTIE2.0.CO2
2. Dammer KH. *Technologie der Prazions landwirtschaft. Jahresbericht ATB 2006.* Potsdam-Bornim; 2007. p.16—17.

3. Fuentes JL. *El suelo y los fertilizantes*. Barcelona: Mundi Prensа; 1994. p. 55—71.
4. Harbur MM, Cruse RM. Higher population and twin row configuration does not benefit strip intercropped corn. *Journal of the Iowa Academy of Science*. 2000; 107(1):3—9.
5. Montesinos E, Bonaterra A, Badosa E, Frances J, Alemany J, Moragrega C. Plant-microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control. *International Microbiology*. 2002; 5(4):169—175. doi: 10.1007/s10123-002-0085-9
6. Adaev NL, Khamzatova MH, Amaeva AG, Muuev AA, Adaev AN. Intensification of the corn fertilizer system in the conditions of irrigation in the Chechen Republic. *Kukuruza i sorgo*. 2019; (2):14—21. doi: 10.25715/KS.2019.2.31829 (In Russ).
7. Bagrintseva VN. Hybrids of corn for the southern Russia. *Kukuruza i sorgo*. 2014; (1):9—11. (In Russ).
8. Bagrintseva VN. Corn yield depending on growing conditions. *Forage production*. 2014; (11):22—26. (In Russ).
9. Bagrintseva VN, Shmalko IA, Kuznetsova SV, Ivashenko IN, Guba E.I. Influence of agrotechnical methods on yields of maize Mashuk 355 MB. *Scientific life*. 2017; (11):57—65. (In Russ).
10. Bagrintseva VN, Shmalko IA, Kuznetsova SV, Ivashenko IN, Guba EI. Elements of technology for the cultivation of early maturing and mid-early corn hybrids in the Stavropol Territory. *Novosti nauki v APK*. 2018; (1):9—13. (In Russ). doi: 10.25930/2218-855x-2018-1-10-1219
11. Klyushin PV, Musaev MR, Khashdakhilova SM. Increasing the productivity of corn for grain in the Piedmont sub-province of the Republic of Dagestan against the background of treatment with growth regulators. *Integral International journal of applied sciences and technology*. 2020; (2-2):74—78. (In Russ). doi: 10.24411/2658-3569-2020-10074
12. Magomedova ZN, Musaev MR. Improvement of the technology of cultivation of hybrids of corn for grain in the Tersko-Sulak sub-province of the Republic of Dagestan. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2020; (4):113—116. (In Russ). doi: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.113
13. Musaev MR, Kurmagomedov AU, Musaeva ZM, Khashdakhilova SM. The influence of growth regulators on the productivity of corn for grain in the Piedmont subprovince of the Republic of Dagestan. *Dagestan GAU Proceedings*. 2020; (1):90—93. (In Russ).
14. Savinova SV, Musaev MR, Musaeva ZM, Magomedova ZN. Development of an environmentally friendly technology for cultivating corn hybrids for grain under irrigated conditions in Dagestan. *Integral International journal of applied sciences and technology*. 2020; (2-2):147—152. (In Russ). doi: 10.24411/2658-3569-2020-10071
15. Gasanov GN, Gasanbekov GR, Abdurakhmanov YZ, Shakhbazov GN. *Tekhnologicheskii proekt vozdeyvaniya kukuruzy* [Maize cultivation technology project]. Makhachkala; 1989. (In Russ).
16. Gasanov GN. *Osnovy sistem zemledeliya Zapadnogo Prikaspiya* [Fundamentals of farming systems in the Western Caspian region]. Makhachkala; 2008. (In Russ).
17. Gimbatov AS. *Resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdeyvaniya kukuruzy* [Resource-saving corn cultivation technology]. Makhachkala, 2002.40 p. (In Russ).
18. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow: Kolos publ.; 1985. (In Russ).

Об авторах:

Хайдахилова Шумайсат Муртазалиевна — аспирант кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, Российская Федерация, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180; e-mail: shumakactus@mail.ru
Мусаев Магомед Расулович — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, Российская Федерация, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180; e-mail: musaev5858@mail.ru

Халилов Магомеднур Бургандинович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технических систем и цифрового сервиса, ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, Российская Федерация, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180; e-mail: khalilov625@mail.ru

Магомедова Аминат Ахмедовна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, Российская Федерация, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180; e-mail: daggau_aminat@mail.ru

About authors:

Khashdakhilova Shumaysat Murtazaliyevna — PhD student, Department of Land Management and Cadastres, Dagestan State Agrarian University, 180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, 367032, Russian Federation; e-mail: shumakaktus@mail.ru

Musaev Magomed Rasulovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastres, Dagestan State Agrarian University, 180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, 367032, Russian Federation; e-mail: musaev5858@mail.ru

Khalilov Magomednur Burganudinovich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Technical Systems and Digital Services, Dagestan State Agrarian University, 180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, 367032, Russian Federation; e-mail: khalilov625@mail.ru

Magomedova Aminat Akhmedovna — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Land Management and Cadastres, Dagestan State Agrarian University, 180, M. Gadzhieva st., Makhachkala, 367032, Russian Federation; e-mail: dag-gau_aminat@mail.ru

Защита растений Plant protection

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-66-76
УДК 631.427:632.23: 633.491:577.2

Научная статья / Research article

Совершенствование методов тестирования почвы на выявление спор возбудителя рака картофеля *Synchytrium endobioticum* с использованием молекулярных методов

Ю.В. Цветкова^{1,2*}, В.А. Яковлева¹

¹Всероссийский центр карантина растений (ВНИИКР),
Московская область, Российская Федерация

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация
*yutska@mail.ru

Аннотация. Возбудитель рака картофеля гриб *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival. является ограниченно распространенным карантинным объектом на территории Российской Федерации. Основной путь распространения гриба — зараженные клубни картофеля и различный посадочный материал, содержащий частички почвы, зараженной спорами гриба. Одной из ключевых проблем в выявлении заболевания является применение в лабораторной практике достоверных методов прямого тестирования почвы на выявление покоящихся спор гриба без использования токсичных для персонала химических препаратов. Представлена апробация молекулярных методов диагностики почвы на выявление *S. endobioticum* методом прямого выделения ДНК гриба из почвенных образцов с использованием набора реагентов «MetaГен/MetaGen». Идентификацию проводили с использованием набора серии «Фитоскрин» «*Synchytrium endobioticum*-РВ». Предварительно набор был апробирован с использованием ДНК, выделенной из наростов рака картофеля различными коммерческими наборами. Установлено, что оптимальным методом выделения ДНК из наростов для исследований является использование набора «ФитоСорб-Автомат 48» на роботизированной станции НК Тесап. Проведенные исследования показали, что чувствительность метода прямого выделения ДНК из почвенных образцов различной степени зараженности не уступает методу флотации с использованием четыреххлористого углерода. Данный метод позволяет работать с образцами почвы различных типов, включая торфянистые.

Ключевые слова: карантин растений, рак картофеля, *Synchytrium endobioticum*, диагностика, полимеразная цепная реакция

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Наборы реагентов компании-производителя ООО «НПФ Синтол» были официально закуплены учреждением-работодателем авторов ФГБУ «ВНИИКР». Проводилось тестирование наборов реагентов данной компании

© Цветкова Ю.В., Яковлева В.А., 2021



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

на применимость для проводимых исследований, описанных в статье (выявление и идентификация патогена). Компания-производитель реагентов упоминается в статье исключительно с целью обеспечения воспроизводимости исследований.

Финансирование. Благодарности. Работа выполнена в рамках Гостемы НИР АААА-А20-120072060002-6.

История статьи:

Поступила в редакцию: 27 ноября 2020 г. Принята к публикации: 17 февраля 2021 г.

Для цитирования:

Цветкова Ю.В., Яковлева В.А. Совершенствование методов тестирования почвы на выявление спор возбудителя рака картофеля *Synchytrium endobioticum* с использованием молекулярных методов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 66—76. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-66-76

Improvement of soil testing techniques for detecting spores of potato wart disease *Synchytrium endobioticum* using molecular methods

Yulia V. Tsvetkova^{1,2*}, Vera A. Yakovleva¹

¹All-Russian Plant Quarantine Center, Moscow Region, Russian Federation

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: yutska@mail.ru

Abstract. *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival. is a pathogen of potato wart disease and has a restricted distribution on the territory of the Russian Federation. Its main pathways are infected potato tubers and different planting material containing soil particles infected with spores of the fungus. One of the main problems is the use of toxic chemicals during detecting the disease in laboratory methods of direct soil testing to identify resting spores. This paper presents the assessment of molecular methods of soil diagnosis for detection of *S. endobioticum* by direct extraction of fungal DNA from soil samples using the MetaGen reagent kit. Identification was performed using the 'Fitoskrin. *Synchytrium endobioticum*–RT' kit. The kit was pre-tested using DNA isolated from potato warts by various commercial kits. It was found that the optimal method of DNA isolation from the warts was using the 'FitoSorb–Avtomat 48' kit at the Tecan robotic station. Studies have shown that the sensitivity of the direct DNA extraction method from soil samples with various infection levels is the same as that of flotation method using carbon tetrachloride. Moreover, this method makes it possible to work with soil samples of different types, including peaty soils.

Key words: plant quarantine, potato wart disease, *Synchytrium endobioticum*, diagnostics, polymerase chain reaction

Conflicts of interest. The authors declare that there is no conflict of interest. The reagent kits of the manufacturing company "NPF Syntol" were officially purchased by VNIKR institution. The reagent kits of this company were tested for applicability to the studies described in the article (detection and identification of the pathogen). The reagent company is mentioned in the article solely for the purpose of assuring reproducibility of studies.

Acknowledgments. The authors acknowledge the support for the given study of the State Research Project АААА-А20-120072060002-6.

Article history:

Received: 27 November 2020. Accepted: 17 February 2020

For citation:

Tsvetkova YV, Yakovleva VA. Improvement of soil testing techniques for detecting spores of potato wart disease *Synchytrium endobioticum* using molecular methods. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):66—76. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-66-76

Введение

Известно, что картофель является одной из самых поражаемых сельскохозяйственных культур, с ним связано 34 вида карантинных вредных организмов Единого перечня карантинных объектов ЕАЭС. К числу данных видов относится возбудитель рака картофеля гриб *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival., имеющий ограниченное распространение на территории РФ.

Несмотря на то, что данное заболевание известно с конца XIX в., оно является очень значимым и строго контролируется на государственном уровне во многих странах мира. Актуальность данного заболевания связана также с проблемой появления вирулентных патотипов гриба, что усложняет процесс ликвидации очагов с применением устойчивых к раку сортов картофеля. Впервые сведения о внутривидовой дифференциации у *S. endobioticum* появились в 1942 г., когда в Германии был обнаружен новый патотип с повышенной вирулентностью [1–4]. Для удобства проведения идентификации была разработана стандартизированная система числового кодирования патотипов [5, 6]. В 2009 г. вирулентный патотип, кодируемый номером 38 (Nevsehir), был идентифицирован в Турции [7]. Последний патотип 39 (P1) был описан в Польше в 2015 г. [8].

Учитывая высокую вредоносность заболевания, длительный период жизнеспособности спор гриба в очаге и отсутствие эффективных мер борьбы, во многих странах мира действуют строгие карантинные фитосанитарные меры по контролю *S. endobioticum* [9]. В последние десятилетия данному заболеванию уделяется повышенное внимание в связи с выявлением большого количества вирулентных патотипов в различных странах, включая регион ЕОКЗР [7, 10–12].

В связи с ежегодным ввозом на территорию РФ семенного и продовольственного картофеля, а также другого посадочного материала, содержащего почву, сохраняется высокий фитосанитарный риск интродукции в страну *S. endobioticum*, в т.ч. новых вирулентных патотипов. В связи с этим большое значение имеет быстрое и достоверное определение зараженности почвы спорами *S. endobioticum*. С этой целью в российских лабораториях для выделения спор гриба традиционно используется метод флотации в четыреххлористом углеводе с последующим микроскопированием всплывшей органики и морфометрией выявленных спор. Существенным недостатком данного метода является использование высокотоксичного реактива и трудоемкость микроскопирования. Кроме того, метод дает низкую достоверность при тестировании торфянистой почвы из-за большого количества всплывающей органики.

С учетом отмеченных выше недостатков была предпринята попытка использования молекулярного метода тестирования почвы на выявление *S. endobioticum* методом прямого выделения ДНК гриба из почвенных образцов с использованием набора реагентов «МетаГен/МетаGen» производства ООО «НПФ Синтол» (Москва) с последующим проведением ПЦР «в реальном времени».

Цель исследования — совершенствование лабораторной диагностики на выявление возбудителя рака картофеля *S. endobioticum* из почвенных образцов с использованием метода прямого выделения ДНК патогена с последующей идентификацией ПЦР «в реальном времени».

Материалы и методы исследования

Для выделения спор *S. endobioticum* из почвенных образцов использовали метод флотации в четыреххлористом углеводе, а также метод выделения ДНК зоо-

спорангиев *S. endobioticum* с использованием готового набора реагентов «МетаГен/ MetaGen» с последующей идентификацией методом ПЦР «в реальном времени».

Образцы почвы, использованные для проведения экспериментов, описаны в табл. 1.

Таблица 1

Образцы почв, использованные для выделения спор *S. endobioticum*

Вариант	Образцы почвы	Количество спор гриба в 100 гр. почвы
1*	Искусственное заражение (супесчаная почва)	5
2*	Искусственное заражение (суглинистая почва)	5
3*	Искусственное заражение (супесчаная почва)	50
4*	Искусственное заражение (суглинистая почва)	50
5	Искусственное заражение (супесчаная почва)	500
6	Искусственное заражение (супесчаная почва)	5000
7	Искусственное заражение (супесчаная почва)	20000
8	Московская обл., старый очаг (торфянистая почва)	Неизвестно
9	Московская обл., очаг (суглинистая почва)	Неизвестно
10	Воронежская обл., старый очаг (супесчаная почва)	Неизвестно
11	Отрицательный контроль	0

*Данные варианты образцов почвы использовались только при испытании метода прямого выделения ДНК.

Table 1

Soil samples used for isolation of *S. endobioticum* spores

No.	Soil samples	Number of fungal spores per 100 g of soil
1*	Artificial inoculation (loamy sand)	5
2*	Artificial inoculation (loam)	5
3*	Artificial inoculation (loamy sand)	50
4*	Artificial inoculation (loam)	50
5	Artificial inoculation (loamy sand)	500
6	Artificial inoculation (loamy sand)	5000
7	Artificial inoculation (loamy sand)	20000
8	Moscow Region, old outbreak (peaty soil)	Unknown
9	Moscow Region, outbreak (loam)	Unknown
10	Voronezh Region, old outbreak (loamy sand)	Unknown
11	Negative control	0

* The soil samples were used only for the direct DNA extraction method.

Для искусственного заражения почвы высушенные наросты рака картофеля, содержащие зимние зооспорангии патогена, растирали в фарфоровой ступке и просеивали через набор сит. Фракцию, собранную с сита диаметром 0,25 мкм, содержащую споры гриба, использовали для приготовления инфекционной суспензии, затем рассчитывали концентрацию зооспорангиев в 1 мл суспензии, которую смешивали с почвенной навеской.

Для выделения спор гриба методом флотации в четыреххлористом углероде использовали методику, разработанную Н.А. Дорожкиным и К.Е. Шариковым [13]. Подсчет выделенных спор проводился путем полного просмотра всплывшей органики в трех повторностях в каждом варианте опыта.

Математическую обработку экспериментальных данных выполняли в программе EXCEL с помощью надстройки «Анализ данных».

Выделение ДНК из образцов почвы проводили с использованием коммерческого набора реагентов «МетаГен/MetaGen». Особенностью набора является возможность напрямую выделять ДНК из почвенного образца, где содержатся сильные ингибиторы ПЦР реакции (гуминовые кислоты, вторичные метаболиты бактерий и грибов и др.) [14].

Воздушно-сухой образец почвы каждого варианта массой 100 г тщательно растирался в фарфоровой ступке, просеивался через сито с диаметром отверстий 0,5 мм. Из образца отбиралась навеска 150 мг в трехкратной повторности.

Работа выполнялась согласно инструкции производителя за исключением количества почвенного образца, взятого для выделения ДНК. Разработчиками рекомендовано использовать 250...300 мг для выделения ДНК, однако при тестировании набора возникли трудности с перемешиванием буфера с навеской 250 мг, что вызвало затруднения при выделении ДНК. Поэтому в дальнейших исследованиях использовалась навеска 150 мг.

Для идентификации выделенной из почвенных образцов ДНК использовали диагностический набор реагентов серии «Фитоскрин» «*Synchytrium endobioticum*-PB», который был нами предварительно апробирован.

Для определения аналитической чувствительности использовали суспензию зооспорангиев, которую готовили аналогично суспензии для искусственного заражения почвенных образцов, и применяли 3 повторности с уровнем зараженности 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 клеток целевого организма на миллилитр. Затем из каждой концентрации отбирали по 100 мкл суспензии гриба в 3 повторностях и центрифугировали при 13000 об/мин. Супернатант сливали, не задевая осадка. Полученные образцы использовали для выделения ДНК.

В качестве отрицательного контроля использовали чистый образец, свободный от возбудителя рака картофеля.

ПЦР осуществляли на амплификаторе C1000 Touch CFX96 (BioRad).

Пороговым циклом считали $C_t = 40$, согласно рекомендациям производителя.

Набор реагентов «*Synchytrium endobioticum*-PB» включает готовую реакционную смесь «S. Endo.-ВПК» (20 мкл на 1 образец), SynTaq ДНК-полимераза T+ (0,5 мкл на 1 образец). К реакционной смеси добавляли 5 мкл ДНК образца. Условия амплификации: 95 °C — 300 с — 1 цикл; 60 °C — 40 с, 95 °C — 15 с — 45 циклов.

Для сравнительного анализа чувствительности *Synchytrium endobioticum*-PB проводили выделение ДНК из наростов рака картофеля с помощью наборов

«МетаГен/MetaGen», «ДНК-Экстран-2» и «ФитоСорб-Автомат-48» производства ООО «НПФ Синтол».

Выделение ДНК с помощью набора «ФитоСорб-Автомат-48» было проведено с использованием автоматической станции НК TECAN.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты выделения спор *S. endobioticum* из почвенных образцов методом флотации в четыреххлористом углероде приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты выделения спор *S. endobioticum* с использованием метода флотации

Вариант	Количество спор гриба в 100 г почвы	Количество выделенных спор <i>S. endobioticum</i> из 100 г почвы	Эффективность выявления спор гриба, %
5	500	180,87 ± 44,9	36,17
6	5000	492,64 ± 53,66	9,85
7	20000	849,45 ± 54,52	4,24
8	Неизвестно	Не проводилось	–
9	Неизвестно	230,2 ± 44,7	–
10	Неизвестно	0	–
Отрицательный контроль К-	0	0	–

Table 2

Results of direct testing of soil samples for presence of *S. endobioticum* spores using carbon tetrachloride

No.	Number of fungal spores per 100 g of soil	Number of fungal spores isolated from 100 g of soil	Effectiveness, %
5	500	180.87 ± 44.9	36.17
6	5000	492.64 ± 53.66	9.85
7	20000	849.45 ± 54.52	4.24
8	Unknown	Not conducted	–
9	Unknown	230.2 ± 44.7	–
10	Unknown	0	–
Negative control K-	0	0	–

Полученные результаты показали, что эффективность метода флотации в четыреххлористом углероде очень мала, что связано с большими потерями зооспорангиев на разных стадиях выделения.

При работе с торфянистыми почвами (вариант 8) данный метод практически неприменим из-за большого количества всплывающей органики, что затрудняет

обнаружение зооспорангиев и значительно увеличивает временные затраты на просмотр препаратов.

В результате тестирования набора для идентификации патогена «*Synchytrium endobioticum*-PB» были получены экспоненциальные кривые флюоресценции накопления ДНК и значение порогового цикла Ct образцов, в которых FAM < 40, что подтвердило наличие патогена в исследуемых образцах и применимость тест-системы «*Synchytrium endobioticum*-PB» для идентификации возбудителя рака картофеля.

Определена аналитическая чувствительность тест-системы. Было установлено, что порогом выявления ДНК возбудителя для данной тест-системы является 100% выявление при втором разведении ДНК, что составило 3×10^3 клеток гриба/мл (табл. 3).

Таблица 3

Определение аналитической чувствительности *Synchytrium endobioticum*-PB

Разведение ДНК	Концентрация клеток гриба, кл/мл	<i>Synchytrium endobioticum</i> -PB		
		Значение порогового цикла Ct		
		1	2	3
0	10^5	17.86	17.76	18.03
1	10^4	22.02	21.53	21.99
2	10^3	32.06	36.06	30.92
3	10^2	39,49	–	–
4	10^1	–	–	–
5	10^0	–	–	–
	K+	31.98	31,15	30,92
	K-в	–	–	–
	K-ч	–	–	–

Table 3

Analytical sensitivity of «*Synchytrium endobioticum*-RT»

DNA dilution	Concentration of fungal cells, cells/ml	<i>Synchytrium endobioticum</i> -RT		
		Cycle threshold Ct		
		1	2	3
0	10^5	17.86	17.76	18.03
1	10^4	22.02	21.53	21.99
2	10^3	32.06	36.06	30.92
3	10^2	39.49	–	–
4	10^1	–	–	–
5	10^0	–	–	–
	K+	31.98	31.15	30.92
	K-v	–	–	–
	K-ch	–	–	–

Далее был проведен ряд экспериментов по выделению ДНК патогена непосредственно из зараженных образцов почвы. Необходимо отметить, что с помощью прямого метода происходит выделение тотальной ДНК, а дальнейшее проведение ПЦР «в реальном времени» позволяет определить наличие/отсутствие патогена в образце.

Результаты, полученные при тестировании почвы различной степени зараженности, различались незначительно. Так, при заражении почвы 500 зооспорангиев в 100 г почвы в среднем пороговый цикл Ct составил 36,6, при заражении 20 000 зооспорангиев в 100 г почвы — 33,9, а при заспоренности 5 000 зооспорангиев в 100 г почвы — 33,3 (табл. 4). При этом наблюдается высокое различие в проворностях по пороговым циклам. Такие результаты могли возникнуть по ряду причин. Например, при просеивании образцов почвы и подготовке навески неизменно теряется неопределенная часть спор гриба.

Таблица 4

**Результаты выделения ДНК из образцов почвы
с последующей идентификацией с помощью ПЦР «в реальном времени»**

Образец	Количество спор гриба в 100 г почвы	Значение порогового цикла Ct		
		1	2	3
1	5	—	—	—
2	5	—	—	—
3	50	39,61	—	—
4	50	39,24	—	—
5	500	35,42	35,10	39,47
6	5000	34,16	32,21	33,49
7	20000	34,41	32,80	34,65
8	Неизвестна	38,15	28,74	33,88
9	Неизвестна	37,41	35,55	36,97
10	Неизвестна	41,61	33,20	33,56
11	0	—	—	—
K+*	—	33,48	31,98	32,17
K+з**	—	17,86	17,76	18,03
K-в	—	—	—	—
K-ч	—	—	—	—

* Положительный контроль набора «*Synchytrium endobioticum*-PB».

** Положительный контроль, ДНК, выделенная из нароста рака картофеля.

Table 4

DNA extraction from soil samples with Real-time PCR identification

Sample	Number of fungal spores per 100 g of soil	Cycle threshold Ct		
		1	2	3
1	5	–	–	–
2	5	–	–	–
3	50	39.61	–	–
4	50	39.24	–	–
5	500	35.42	35.10	39.47
6	5000	34.16	32.21	33.49
7	20000	34.41	32.80	34.65
8	Unknown	38.15	28.74	33.88
9	Unknown	37.41	35.55	36.97
10	Unknown	41.61	33.20	33.56
11	0	–	–	–
K+*	–	33.48	31.98	32.17
K+z**	–	17.86	17.76	18.03
K-v	–	–	–	–
K-ch	--	–	–	–

* Positive control of «*Synchytrium endobioticum*-RT» reagent kit.

** Positive control, DNA, extracted from a potato wart.

Кроме того, одной из причин, могут быть сами компоненты, входящие в набор для выделения ДНК, которым может не хватать связывающей способности, так как в почве находятся другие организмы, ДНК которых также выделяется при использовании набора. Слишком большое количество биомассы может приводить, с одной стороны, к ингибированию, а с другой, к связыванию с сорбирующими частицами нецелевых молекул ДНК, «конкурируя» с молекулами ДНК исследуемого патогена.

В связи с нелинейным и случайным колебаниями циклов при различной концентрации ДНК невозможно точно определить степень заражения образцов.

Таким образом, метод выделения зооспорангиев с использованием флотации в четыреххлористом углероде не превосходит по чувствительности метод прямого выделения ДНК патогена из почвы: при использовании обоих методов удалось выявить патоген при концентрации 500 зооспорангиев на 100 г почвы. Кроме того, при проведении экспериментов ДНК патогена обнаружили в образцах почвы из старого очага Воронежской области, что не удалось сделать методом флотации.

Преимуществом молекулярного метода является возможность работы с торфянистыми почвами.

Заключение

Проведен сравнительный анализ двух методов выявления и идентификации возбудителя рака картофеля при прямом тестировании почвы — метода флотации в четыреххлористом углероде и метода выделения ДНК из образцов почвы с дальнейшей идентификацией с помощью ПЦР «в реальном времени». Показано, что оба метода сопоставимы по чувствительности. Кроме того, использование молекулярного метода позволяет тестировать любой тип почвы.

Таким образом, метод прямого выделения ДНК из почвы с последующей постановкой ПЦР «в реальном времени» может быть использован как альтернатива методу флотации с использованием токсичных веществ.

Библиографический список / References

1. Braun H. Biologische Spezialisierung bei *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. *Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) Und Pflanzenschutz*. 1942; 52(11):481—486.
2. Hey A. Die Biotypenforschung beim Erreger des Kartoffelkrebses *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Deutschland. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst*. 1948; 2:1—3.
3. Hey A. Zur Biotypenfrage des Kartoffelkrebses. *Mitt. Biol. Zentralanst. f. Land u. Forstwirtschaft (Berlin-Dahlem)*. 1953; 75:173—175.
4. Hey A. *Stand und Aussichten der Pflanzenquarantäne im Kartoffelbau*. Leipzig: S. Hirzel; 1954.
5. Baayen RP, Bonthuis H, Withagen JCM, Wander JGN, Lamers JL, Meffert JP, et al. Resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* in field and laboratory tests, risk of secondary infection, and implications for phytosanitary regulations. *EPPO Bulletin*. 2005; 35(1):9—23. doi: 10.1111/j.1365-2338.2005.00775.x
6. Baayen RP, Cochius G, Hendriks H, Meffert JP, Bakker J, Bekker M, et al. History of potato wart disease in Europe — a proposal for harmonisation in defining pathotypes. *European Journal of Plant Pathology*. 2006; 116:21—31. doi: 10.1007/s10658-006-9039-y
7. Çakir E, Van Leeuwen GCM, Flath K, Meffert JP, Janssen WAP, Maden S. Identification of pathotypes of *Synchytrium endobioticum* found in infested fields in Turkey. *EPPO Bulletin*. 2009; 39(2):175—178. doi: 10.1111/j.1365-2338.2009.02285.x
8. Przetakiewicz J. First report of new pathotype 39(P1) of *Synchytrium endobioticum* causing potato wart disease in Poland. *Plant Disease*. 2015; 99(2):285—286. doi: 10.1094/PDIS-06-14-0636-PDN
9. EPPO Standards. PM 9/5 (2). *National regulatory control systems for Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin; 2017.
10. van de Vossen BTLH., van Gent-Pelzer MPE, Boerma M, van der Gouw LP, van der Lee TAJ, Vossen JH. An alternative bioassay for *Synchytrium endobioticum* demonstrates the expression of potato wart resistance in aboveground plant parts. *Phytopathology*. 2019; 109(6):1043—1052. doi: 10.1094/PHYTO-01-19-0024-R
11. Dimitrova L, Laginova M, Becheva A, van Leeuwen GCM. Occurrence of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in Bulgaria: identification of pathotype(s) present. *EPPO Bulletin*. 2011; 41(2):195—202. doi: 10.1111/j.1365-2338.2011.02453.x
12. Vloutoglou I, van Leeuwen GCM, Eleftheriadis E, Sarigkoli I, Simoglou KB, Tsirogiannis D, et al. First report of potato wart disease caused by *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Greece: detection, impacts and pathotype identification. *Hellenic Plant Protection Journal*. 2015; 8 (S1):9Special issue.
13. Dorozhkin NA, Sharikov KE. *Instruktsiya po opredeleniyu zarazhennosti pochvy rakom kartofelya (Synchytrium endobioticum (Schilb.) Perc. [Instructions on determining soil infection with potato wart (Synchytrium endobioticum (Schilb.) Perc.)]*. Minsk; 1950. (In Russ).
14. Дорожкин Н.А., Шариков К.Е. Инструкция по определению зараженности почвы раком картофеля (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.). Минск, 1950. 8 с.
15. EasyWay product line kits. Available from: <https://www.syntol.ru/catalog/nabory-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-i-rnk/nabory-reagentov-easyway.html> [Accessed 11.03.2020]. (In Russ.)
16. Наборы реагентов «EasyWay». Режим доступа: <https://www.syntol.ru/catalog/nabory-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-i-rnk/nabory-reagentov-easyway.html> Дата обращения: 11.03.2020.

Об авторах:

Цветкова Юлия Владиславовна — младший научный сотрудник лаборатории микологии испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений, 140150, Российская Федерация, Московская обл., г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; аспирант биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: yutska@mail.ru

SPIN-код: 2744-1123

ORCID 0000-0002-4334-9224

Яковлева Вера Алексеевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник — начальник отдела фитосанитарной биологии, Всероссийский центр карантина растений, 140150, Российская Федерация, Московская обл., г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: yakovleva_va@mail.ru

SPIN-код автора: 9008-9534

ORCID 0000-0002-9827-6587

About authors:

Tsvetkova Yulia Vladislavovna — Junior Researcher, Mycology Laboratory, All-Russian Plant Quarantine Center, 32, Pogradichnaya st., Bykovo, Ramensky district, Moscow region, 140150, Russian Federation; PhD student, Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, 1/12 Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: yutska@mail.ru

SPIN-code: 2744-1123

ORCID 0000-0002-4334-9224

Yakovleva Vera Alekseevna — PhD in Biological Sciences, Leading Researcher, Head of Phytosanitary Biology Department, All-Russian Plant Quarantine Center, 32, Pogradichnaya st., Bykovo, Ramensky district, Moscow region, 140150, Russian Federation; e-mail: yakovleva_va@mail.ru

SPIN-code: 9008-9534

ORCID 0000-0002-9827-6587

Защитное лесоразведение Protective afforestation

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-77-85
УДК 502/504:630.181:581.526

Научная статья / Research article

Долговечность вяза приземистого *Ulmus pumila* L. в защитном лесоразведении на полупустынных землях Астраханского Заволжья

В.В. Лепеско¹, Л.П. Рыбашлыкова^{2*}

¹Богдинская научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция,
г. Харабали, Астраханская область, Российская Федерация

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Российская Федерация

*ludda4ka@mail.ru

Аннотация. Дана прогнозная оценка долговечности древостоев *Ulmus pumila* L. в Астраханском Заволжье. Подтверждена эффективность и целесообразность возобновительной рубки для омоложения и увеличения долговечности насаждений в полупустыне. Представлена разработанная классификация экотопов Астраханской полупустыни по пригодности для выращивания защитно-теневых насаждений из вяза на пастбищных землях. Культура *Ulmus pumila* L. в прикаспийском регионе получила широкое распространение в лесной мелиорации полупустынных земель в 1950-х гг. С этого времени до начала 1990-х гг. усилиями Богдинской агролесомелиоративной опытной станции на песчаных массивах было заложено около 1 тыс. га насаждений *Ulmus pumila* L., сохранность которых в настоящее время составляет 18...24 %. Многолетняя практика использования защитно-теневых древесных зонтов, созданных из вяза приземистого, показала их значительный экологический эффект на функционирующих пастбищах. Цель исследований — разработка усовершенствованной технологии создания долговечных защитно-теневых насаждений из вяза приземистого на пастбищных угодьях Астраханского Заволжья. Исследования проводились с использованием общепринятых методик в лесной таксации древостоев А.П. Анучина (1961), Т.Т. Битвинскаса (1974) и А.С. Манаенкова (2001). Почвенно-грунтовые условия изучались методом бурового зондирования на глубину 3 м. По результатам исследований отмечено, что долговечность древесных пород в сухостепной зоне определяют в основном два фактора: наличие продуктивной влаги в почвогрунте и степень его засоленности. Наиболее благоприятные лесорастительные условия для роста и развития вяза приземистого — это незасоленные (до глубины не менее 3 м) бурые песчаные, супесчаные, темноцветные почвы палин с периодической перераспределенной аккумуляцией влаги. В аридных условиях Астраханского Заволжья в островных насаждениях (куртины, зонты, части лесного массива с площадью не более 0,5...1 га) и оптимальных условиях произрастания без рубок ухода и лесовозобновления вяз приземистый доживает до 60...70 лет.

Ключевые слова: вяз приземистый, полупустыня, защитно-теневые насаждения, экотоп, прогнозная оценка, долговечность, Астраханское Заволжье

© Лепеско В.В., Рыбашлыкова Л.П., 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. Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2020-0002 «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации».

История статьи:

Поступила в редакцию: 21 декабря 2020 г. Принята к публикации: 25 января 2021 г.

Для цитирования:

Лепеско В.В., Рыбашлыкова Л.П. Долговечность вяза приземистого *Ulmus pumila* L. в защитном лесоразведении на полупустынных землях Астраханского Заволжья // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 77–85. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-77-85

Longevity of *Ulmus pumila* L. in protective afforestation on semi-desert lands of the Astrakhan Zavolzhye

Vladimir V. Lepesko¹, Ludmila P. Rybashlykova^{2*}

¹Bogdinskaya research agroforestry experimental station,
Astrakhan region, Russian Federation

²Federal Research Center of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

*Corresponding author: ludda4ka@mail.ru

Abstract. The article provides a predictive assessment of longevity of *Ulmus pumila* L. stands in the Astrakhan Zavolzhye. The efficiency and expediency of renewable logging for rejuvenation and increasing the longevity of plantings in the semi-desert were confirmed. The classification of ecotopes of the Astrakhan Zavolzhye on suitability for cultivation of protective and shadow elm plantings on pasture lands was developed and presented. In the Caspian region, *Ulmus pumila* became widespread in forest reclamation of semi-desert lands in the 1950s. Since then, till the beginning of the 1990s, Bogdinskaya research agroforestry experimental station laid on the sandy massifs about 1 thousand hectares of *Ulmus pumila* L. plantings, which currently amounts to 18...24 %. The long-term practice of using protective shade *Ulmus pumila* umbrellas has shown their significant ecological effect on functioning pastures. The aim of the research was to develop an improved technology for creating long-lived protective shade stands of *Ulmus pumila* on degraded pastures of the Astrakhan Zavolzhye. The research was carried out using generally accepted methods of stand forest taxation by A.P. Anuchin (1961), T.T. Bitvinskas (1974) and A.S. Manaenkov (2001). Soil conditions were studied by drilling sounding to 3 m depth. The results of the research revealed that the longevity of wood species in the dry-steppe zone was determined mainly by two factors: productive moisture in the soil and salinity level. The most favorable growing conditions for *Ulmus pumila* were unsalted (to a depth of at least 3 m) brown sandy soils, sandy loam soils, dark-colored swale soils with periodic redistributed accumulation of moisture. In arid conditions of the Astrakhan Zavolzhye in island plantations (group of trees, “umbrellas”, 0.5...1 ha parts of forest area) and optimal growing conditions without logging and reforestation, *Ulmus pumila* lives up to 60...70 years.

Key words: *Ulmus pumila* L., semi-desert, protective shade plantings, ecotope, predictive estimate, longevity, Astrakhan Zavolzhye

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

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the State Assignment No. 0713-2020-0002 ‘Building up scientific bases, new methods, models and technologies for effective forest-reclamation development and multi-purpose use of low-productive and degraded lands in arid zones of the Russian Federation’.

Article history:

Received: 21 December 2020. Accepted: 25 January 2020

For citation:

Lepesko VV, Rybashlykova LP. Longevity of *Ulmus pumila* L. in protective afforestation on semi-desert lands of the Astrakhan Zavolzhye. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):77–85. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-77-85

Введение

Астраханское Заволжье — полупустынная зона сухой степи, где в 1950-х гг. было посажено 948 га насаждений с преобладанием вяза (*Ulmus pumila* L.) [1–3].

Анализируя многолетний опыт лесоразведения в аридном регионе Юга России, можно отметить, что задачи создания долговечных лесонасаждений на полупустынных землях Астраханского Заволжья и оптимизации режимов их содержания и эксплуатации актуальны [4].

Тяжелые природные условия полупустыни вследствие малого количества атмосферных осадков, сильных иссушающих ветров, сухости климата, низкого положения грунтовых вод, засоленности и солонцеватости почв препятствуют созданию здесь высокоэффективных устойчивых лесных насаждений [5, 6]. Отношение годового количества осадков к испаряемости в Астраханском Заволжье составляет около 1100 мм в год — это говорит о чрезвычайно сильной засухливости климата [7].

На естественных кормовых пастбищах Астраханской полупустыни эффективны защитно-теневые древесные колки («зонты») [8]. Они обеспечивают укрытие скота от летней жары и пронизывающих холодных ветров во время дневного отдыха. Многолетняя практика их создания показала, что в полупустынях Прикаспия лучшие редкостойные насаждения формируются из вяза приземистого. В разных условиях их функциональная долговечность изменяется от 2–3 до 5–7 десятилетий. Наличие таких объектов на аридных пастбищах открывает возможность для изучения роста и повышения долговечности древесного яруса [9–12].

Цель исследования — разработка усовершенствованной технологии создания долговечных защитно-теневого насаждений из вяза приземистого на пастбищных угодьях Астраханского Заволжья.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования — древостои *Ulmus pumila* L. на пастбищах Астраханского Заволжья. Почвы бурые песчаные, супесчаные с участием солонцов до 25 % и более.

Исследования проводились с использованием общепринятых методик в лесной таксации древостоев А.П. Анучина (1961), Т.Т. Битвинскаса (1974) и

А.С. Манаенкова (2001). Изучение роста и состояния насаждений на различных почвенных разностях, влияния лесорастительных условий и площади питания на рост, состояние и долговечность древостоя проводили на постоянных пробных площадях, заложенных в наиболее характерных условиях местопроизрастания. Для детального анализа хода роста насаждений брали средние модельные деревья с последующей их обработкой согласно общепринятым методикам. Буровое зондирование толщи почвогрунта проводили на глубину 3 м. В лабораторных условиях определяли тип почвы, влажность, гранулометрический состав, мощность гумусового горизонта и валовое содержание солей в почвогрунте.

Результаты исследования и обсуждение

Выращивание древесных пород в зоне полупустыни обусловлено в значительной степени почвенно-гидрологическими условиями.

По условиям тепло- и влагообеспеченности относительно средних многолетних значений в 2019 и 2020 гг. отклонения значительные. Так в 2020 г. средняя температура воздуха стала выше на 3,4 °С и составила 11,9 °С. За гидрологический 2020 г. выпало 124,9 мм осадков — 55 % от многолетней нормы. Относительная влажность воздуха в летний период опускалась до 6 %. Осадки в зимний и летний периоды выпадали силой менее 3—4 мм и были неспособны промочить сухой слой почвы и обеспечить ее влагозарядку для роста древесной и пастбищной растительности.

Долговечность древесных пород в этой зоне определяют в основном два фактора: наличие продуктивной влаги в почвогрунте и степень его засоленности.

В аридных условиях исследуемого региона лесорастительные условия наиболее благоприятны для роста вяза приземистого, это незасоленные (до глубины не менее 3 м) бурые песчаные, супесчаные, темноцветные почвы педин с периодической перераспределенной аккумуляцией влаги.

Изучение динамики водного режима на различных по увлажнению почвогрунта участках (при недоступности ГВ) определил водный баланс местообитания в зоне полупустыни древостоя вяза с разным объемом годового водопотребления: свыше 300 мм/год (объект 6), 200...300 мм/год (объекты 5 и 4), 90...150 мм/год (объект 1) и менее 90 мм/год — объекты 3 и 7.

Показатели роста и развития вяза приземистого на объектах приведены в табл. 1. Для сравнения энергии роста древесного ствола вяза приземистого в зависимости от местопроизрастания и увлажнения почвогрунта нами были взяты модельные деревья в лучших, средних и наиболее жестких условиях: объект 6 — лесной массив на темноцветных незасоленных почвах полупустыни (межбугровое понижение); объект 4 — зонт, незасоленные супесчаные почвы (микроронижение); объект 7 — лесной массив на легкосуглинистых засоленных почвах (возвышение).

Таблица 1

**Таксационные данные модельных деревьев вяза приземистого
в лучших, средних и тяжелых условиях произрастания
(Харабалинский р-н, Астраханская область, 2020 г.)**

Объекты	Почвы	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Объем модели, м ³
6	Темноцветные, незасоленные	65	8,4±1,4	32,0±0,9	0,31
4	Супесчаные, незасоленные	58	6,6±1,2	31,0±1,1	0,23
7	Легкосуглинистые засоленные	65	3,5±1,5	14,3±0,6	0,05

Table 1

**Taxational data of model elm trees grown under the best, medium and severe conditions
(Kharabalinsky district, Astrakhan region, 2020)**

Object, №	Soil	Age, years	Height, m	Trunk diameter, cm	Volume of model tree, m ³
6	Dark-colored, unsalted	65	8.4±1.4	32.0±0.9	0.31
4	Sandy loam, unsalted	58	6.6±1.2	31.0±1.1	0.23
7	Light loam, salted	65	3.5±1.5	14.3±0.6	0.05

Ход роста вяза приземистого по высоте и диаметру на экотопах Астраханского Заволжья представлен на рисунке.

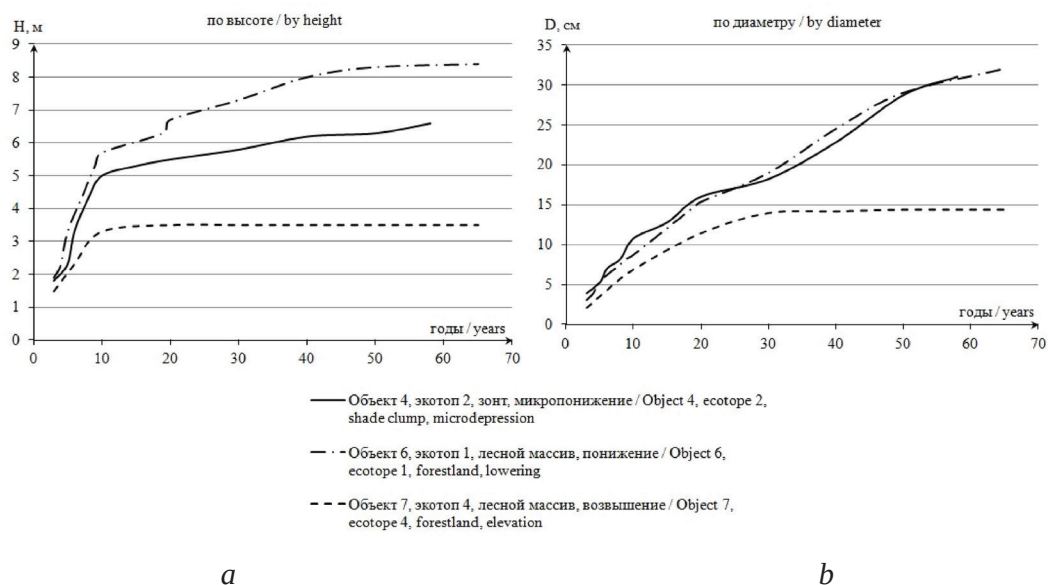


Рис. Ход роста вяза приземистого на экотопах Астраханского Заволжья:
а — по высоте; б — по диаметру

Fig. Curves of *Ulmus pumila* growth on the ecotopes of the Astrakhan Zavolzhye:
а — by height; б — by diameter

Анализ модельных деревьев показал, что наибольшей энергией роста обладает вяз приземистый на объекте 6. Его высота более 8 м при объеме ствола 0,31 м³. Удовлетворительный рост у вяза на объекте 4. Его высота около 7 м, объем ствола 0,23 м³. По состоянию насаждения на незасоленной почве жизнеспособны деревья с притупленной вершиной, они достигли возраста 58...65 лет. Вяз на объекте 7 значительно уступает в росте (высота 3,5 м, объем дерева 0,05 м³). Насаждения в основной массе угнетенные, суховершинные и отмирающие, что указывает на этап старения и отмирания.

В начале роста средний прирост по высоте у деревьев в межбугровом понижении равен 0,57 м, по диаметру — 0,9 см, а у деревьев на возвышении — соответственно 0,33 м и 0,69 см. После 10-летнего возраста отмечается большой прирост по диаметру и несколько замедленный по высоте.

Следовательно, вяз приземистый энергично растет в первые годы жизни, развивает мощную корневую систему, но к концу первого десятилетия становится в зависимость от влагозарядки очередного гидрологического года. Ослабление вяза ведет к резкому снижению прироста, суховершинности и вымерзанию в бесснежные морозные зимы. Вяз приземистый старше 11...13 лет имеет хорошее состояние и удовлетворительный прирост лишь там, где обеспечивается дополнительное увлажнение — пониженные места мезо- и микрорельефа на супесчаных и темноцветных почвах.

На основании проведенных исследований разработаны экотопы роста и развития вяза приземистого в Астраханском Заволжье:

экотоп 1 — лесорастительные условия хорошие: темноцветные почвы падин, балок, потяжин с дополнительным к осадкам источником водопитания (периодический сток талых вод, линзы пресных вод, увлажнение почвы от контакта насаждений с домашними животными);

экотоп 2 — лесорастительные условия удовлетворительные: супесчаные и песчаные почвы микропонижений при регулируемом контакте насаждений с животными;

экотоп 3 — лесорастительные условия удовлетворительные: песчаные земли с площадью питания на одно дерево вяза не менее (25...30 м²);

экотоп 4 — бурые песчаные, супесчаные и легкосуглинистые слабосолонцеватые почвы с плохими лесорастительными свойствами.

Согласно [13], «вяз остается главной древесной породой для создания защитных насаждений в тяжелых условиях сухой степи и полупустыни, в естественных древостоях вяз мелколистный достигает возраста 100 и более лет». Аналогичное заключение на основании материалов и исследований дают экспедиции ВНИАЛМИ, обследовавшие в 1972 и 1973 гг. лесные насаждения Волгоградской, Ростовской, Астраханской областей и Калмыкии после жестокой засухи [14, 15].

В аридных условиях Астраханского Заволжья в островных насаждениях (куртины, зонты, части лесного массива с площадью не более 0,5...1 га) и оптимальных условиях произрастания без рубок ухода и лесовозобновления вяз приземистый доживает до 60...70 лет. Оптимальные условия произрастания: экотоп 1, экотоп 2, экотоп 3.

Опыт лесовозобновления на объекте 4 (зонт) показал следующее: первая рубка лесовозобновления была проведена в 40 лет. В 31 возрасте (1993 г.) сохранность вяза приземистого на объекте 4 (зонт) составляла 86 %, из них суховершинных деревьев — 127 шт. (это от посаженных в 1962 г. (59 %)). Сейчас деревьям 58 лет, они жизнеспособны, средняя высота 6,7 м, диаметр 31 см. При проведении 2-й рубки лесовосстановления в 70 лет вяз доживет до 90...100 лет. Долговечность вяза и возраст первой рубки омоложения прогнозируются, исходя из материалов полевых исследований 2018—2020 гг. по состоянию древостоя на 7 объектах — искусственных насаждений вяза приземистого различного назначения и возраста, созданных в 1949—1958 гг. на аридных пастбищах Астраханского Заволжья.

Двухлетние наблюдения показали, что развитие и рост поросли при лесовозобновлении у здоровых и суховершинных деревьев происходят удовлетворительно.

Следовательно, лесовозобновительные рубки вяза приземистого в аридных условиях Астраханского Заволжья необходимо проводить в суховершинном состоянии древостоя, а не доводить деревья до полной потери крон, — начинать с 25...30-летнего возраста (в зависимости от состояния древостоя). Это относится к 3 типам экотопов: 1, 2, 3. Исследования, проведенные на реликтовом участке Тугай-Худук Астраханской области, показали, что отдельные особи вяза приземистого живут более 120 лет. Их средняя высота 0,7...1,0 м.

Выводы

Многолетний опыт выращивания леса в сухой степи и полупустыне показывает, что куртинное (островное) лесоразведение в аридных условиях Астраханского Заволжья надежнее и целесообразнее по лучшим почвенно-гидрологическим местообитаниям — это незасоленные (до глубины не менее 3 м) бурые песчаные, супесчаные, темноцветные почвы.

Материалы исследования демонстрируют тесную связь состояния защитно-теневых насаждений с почвенно-климатическими условиями и водообеспеченностью.

Изучение состояния насаждений вяза приземистого на пастбищных землях Астраханского Заволжья позволяет прогнозировать долговечность: на экотопе 1 — 100...110 лет; экотопе 2 — 80...90 лет; экотопе 3 — 80 лет.

Наиболее устойчивые и долговечные защитно-теневые насаждения в Астраханской полупустыне необходимо производить в первую очередь на экотопе 1.

После посадки насаждений должны быть приняты меры для их лучшей влагообеспеченности (поделка валов, перемычек, ежегодная культивация междурядий, опашка опушек).

В ослабленных насаждениях вяза приземистого в зависимости от их состояния в возрасте 20...30 лет необходимо проводить лесовозобновительные рубки, используя порослевое поколение с повышенным жизненным потенциалом.

Библиографический список

1. Манаенков А.С., Кулик А.К. Закрепление и облесение песков засушливой зоны. Волгоград, 2016. 55 с.
2. Русакова Е.Г., Заболотная М.В. Основные древесные породы лесного фонда Астраханской области // *Естественные науки*. 2011. № 1(3). С. 22—31.

3. Лепеско В.В. Краткий очерк истории лесоразведения в Северо-Западном и Восточном Прикаспии // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 57—59.
4. Тютюма Н.В., Булахтина Г.К., Кудряшов А.В., Кудряшова Н.В. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 1 (82). С. 62—68. doi: 10.24411/1993-3916-2020-10084
5. Сиземская М.Л., Сапанов М.К. Современное состояние экосистем и стратегия адаптивного природопользования в полупустыне Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 5 (45). С. 15—24.
6. Sapanov M.K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. Pp. 13—21. doi: 10.1134/S2079096118010092
7. Lepesko V.V., Belyaev A.I., Pleskachev Yu.N., Pugacheva A.M., Rybashlykova L.P., Fomin S.D. Monitoring the state and ecological ameliorative effect of tree and shrub coulisse and row plantings on pastures in the arid conditions of the northern Caspian // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012103
8. Касьянов Ф.М. Защитные лесонасаждения для повышения продуктивности лугов и пастбищ // Агролесомелиорация. М.: Лесная промышленность, 1979. С. 132—148.
9. Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121—137. doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Джейер В.А., Иррит Л., Куннингхем Р. Оценка продуктивности саженцев вяза мелколистного *Ulmus pumila* L. в Канзасе // Аридные экосистемы. 2007. Т. 13. № 32. С. 69—79.
11. Su H., Li Y., Liu W., Xu H., Sun O.J. Changes in water use with growth in *Ulmus pumila* in semiarid sandy land of northern China // Trees. 2014. No. 28. Pp. 41—52. doi: 10.1007/s00468-013-0928-3
12. Wesche K., Walther D., von Wehrden H., Hensen I. Trees in the desert: reproduction and genetic structure of fragmented *Ulmus pumila* forests in Mongolian drylands // Flora — Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2011. No. 206. Pp. 91—99. doi: 10.1016/j.flora.2010.01.012
13. Крючков С.Н., Мамтис Г.Я. Лесоразведение в засушливых условиях. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2014. 300 с.
14. Озолин Г.П. Древесные и кустарниковые породы, применяемые в защитном лесоразведении юго-восточных районов страны // Агролесомелиорация. М. : Лесная промышленность, 1979. С. 148—160.
15. Карандина С.Н., Эрперт С.Д. Климатическое испытание древесных пород в Прикаспийской полупустыне. М. : Наука, 1972. 128 с.

References

1. Manaenkov AS, Kulik AK. *Zakreplenie i oblesenie peskov zasushlivoj zony* [Consolidation and afforestation of dry zone sands]. Volgograd: VNIALMI publ.; 2016. (In Russ).
2. Rusakova EG, Zabolotnaya MV. Basic wood species of the forest resources of Astrakhan region. *Natural sciences*. 2011; (1):22—31. (In Russ).
3. Lepesko VV. A brief outline of the history of afforestation in the North-Western and Eastern Caspian region. *Scientific-agronomic journal*. 2018; (1):57—59. (In Russ).
4. Tyutyuma NV, Bulakhina GK, Kudryashov AV, Kudryashova NI. Meliorative efficiency of shrub coulisse on arid pastures of the South of Russia. *Arid ecosystems*. 2020; 26(1):62—68. doi: 10.24411/1993-3916-2020-10084 (In Russ).
5. Sizemskaya ML, Sapanov MK. The modern condition of ecosystems and strategy of adaptive nature management in Northern Pricaspian semi-desert. *Arid ecosystems*. 2010; 16(5):15—24. (In Russ).
6. Sapanov MK. Environmental implications of climate warming for the northern Caspian region. *Arid Ecosystems*. 2018; 8(1):13—21. doi: 10.1134/S2079096118010092
7. Lepesko VV, Belyaev AI, Pleskachev YN, Fomin SD, Pugacheva AM, Rybashlykova LP. Monitoring the state and ecological ameliorative effect of tree and shrub coulisse and row plantings on pastures in the arid conditions of the northern Caspian. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 341:012103. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012103
8. Kasyanov FM. Protective forest plantations for increasing productivity of meadows and pastures. In: Vinogradov VV. (ed.) *Agrolsomesmelioratsiya* [Agroforestry]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' publ.; 1979. p. 132—148. (In Russ).

9. Erusalimskii VI, Rozhkov VA. Multifunctional role of protective forest plantations. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017; 88:121–137. (In Russ). doi: 10.19047/0136-1694-2017-88-121-137
10. Geyer WA, Iriarte L, Cunningham R. *Ulmus pumila* L. seed source performance in Kansas. *Arid Ecosystems*. 2007; 13(32):69–79. (In Russ).
11. Su H, Li Y, Liu W, Xu H, Sun OJ. Changes in water use with growth in *Ulmus pumila* in semiarid sandy land of northern China. *Trees*. 2014; 28(1):41–52. doi: 10.1007/s00468-013-0928-3
12. Wesche K, Walther D, von Wehrden H, Hensen I. Trees in the desert: reproduction and genetic structure of fragmented *Ulmus pumila* forests in Mongolian drylands. *Flora — Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2011; 206(2):91–99. doi: 10.1016/j.flora.2010.01.012
13. Kryuchkov SN, Mattis GY. *Lesorazvedenie v zasushlivykh usloviyakh* [Afforestation in arid conditions]. Volgograd: VNIALMI publ.; 2014. (In Russ).
14. Ozolin GP. Wood and shrub species used in protective afforestation of the south-eastern regions of the country. In: Vinogradov VV. (ed.) *Agrolesomeliorsiya* [Agroforestry]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' publ.; 1979. p.148–160. (In Russ).
15. Karandina SN, Erpert SD. *Klimaticheskoe ispytanie drevesnykh porod v Prikaspiiskoi polupustyne* [Climatic testing of wood species in the Caspian semi-desert]. Moscow: Nauka publ.; 1972. (In Russ).

Об авторах:

Лепеско Владимир Васильевич — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Богдинская научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция, ФНЦ агроэкологии РАН, Российская Федерация, 416010, Астраханская область, г. Харабали, ул. БОС, д. 1; e-mail: bossharabali@mail.ru

ORCID 0000-0003-2111-9636

Рыбашлыкova Людмила Петровна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель, ФНЦ агроэкологии РАН, Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 97; e-mail: ludda4ka@mail.ru

ORCID 0000-0002-3675-6243

About authors:

Lepesko Vladimir Vasilievich — candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Bogdinskaya research agroforestry experimental station, Federal Research Center of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, 1, BOS st., Kharabali, Astrakhan region, 416010, Russian Federation; e-mail: bossharabali@mail.ru

ORCID 0000-0003-2111-9636

Rybashlykova Ludmila Petrovna — candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-yielding lands, Federal Research Center of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, 97, Universitetsky av., Volgograd, 400062, Russian Federation; e-mail: ludda4ka@mail.ru

ORCID 0000-0002-3675-6243



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99
УДК 631.86: 631.894:631.51: 634.0.114

Научная статья / Research article

Влияние способа заделки органического удобрения на плодородие серой лесной почвы, урожайность и качество продукции

И.Г. Мельцаев*, С.Т. Эседуллаев

Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства —
филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр»,
с. Богородское, Ивановская обл., Российская Федерация
*ivniicx@mail.ru

Аннотация. Изложены результаты многолетних полевых опытов по углублению пахотного горизонта серой лесной среднесуглинистой почвы для повышения ее плодородия путем внесения органического удобрения под ярусный плуг ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см. Установлено, что слабая минерализация органического удобрения при ярусной обработке в условиях дефицита кислорода способствует накоплению гумуса в почве на 6,6 т/га больше, чем при обычной вспашке, и на 7,5 т/га — чем при дисковании, улучшению водно-физических и биологических свойств почвы: увеличивает количество водопрочных агрегатов на 4,6 и 5,3 %, снижает плотность почвы на 0,03 и 0,04 г/см³, увеличивает количество дождевых червей на 3...6 особей, обеспечивает расширенное воспроизводство плодородия, повышает продуктивность пашни на 7,0 и 6,7 % и качество продукции, чем при обычной вспашке и дисковании соответственно. При глубокой заделке удлиняется срок действия органического удобрения до 5 лет, тогда как при обычной вспашке и дисковании этот процесс длится всего 2...3 года, что не выгодно экономически и экологически, поскольку при частом внесении затрачивается много топлива, а в окружающую среду сбрасывается большое количество вредных химических соединений, содержащихся в продуктах сгорания.

Ключевые слова: удобрения, севооборот, глубокая ярусная обработка, плодородие, агрохимические свойства, агрофизические свойства, урожай, качество продукции

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

История статьи:

Поступила в редакцию: 6 мая 2020 г. Принята к публикации: 25 февраля 2021 г.

© Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т., 2021



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

Для цитирования:

Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т. Влияние способа заделки органического удобрения на плодородие серой лесной почвы, урожайность и качество продукции // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 1. С. 86—99. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99

Influence of manure application method on gray forest soil fertility, crop yield and quality

Ivan G. Meltsaev*, Sabir T. Esedullaev

Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, *Ivanovo Region, Russian Federation*

*Corresponding author: ivniicx@mail.ru

Abstract. The article presents the results of field experiments on deepening the arable horizon of gray forest medium loamy soil to increase its fertility through applying organic fertilizer under PY-3-35 layer plow to a depth of 25...27 cm. Low mineralization of organic fertilizer during layer cultivation under oxygen deficiency conditions contributed to accumulation of humus in soil by 6.6 t/ha more than during conventional plowing, and by 7.5 t/ha — than during disking. It also improved water-physical and biological properties of soil: number of water-resistant aggregates increased by 4.6 and 5.3 %, soil density lowered by 0.03 and 0.04 g/cm³, number of earthworms increased by 3...6 individuals, expanded reproduction of fertility was provided, productivity of arable land increased by 7.0 and 6.7 % and crop quality increased compared to conventional plowing and disking, respectively. Deep manure incorporation extended life of organic fertilizer up to 5 years, while after conventional plowing and disking this process lasted only 2...3 years. It is not economically and environmentally beneficial, since frequent application requires a lot of fuel, and a large amount of harmful chemical compounds contained in combustion products is dumped into the environment.

Keywords: fertilizers, crop rotation, deep layer tillage, fertility, agrochemical characteristics, agrophysical characteristics, yield, product quality

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

Article history:

Received: 6 May 2020. Accepted: 25 February 2021

For citation:

Meltsaev IG, Esedullaev ST. Influence of manure application method on gray forest soil fertility, crop yield and quality. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(1):86—99. (In Russian). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-1-86-99

Введение

Освоение современных систем земледелия предполагает воспроизводство и повышение плодородия почвы [1—4].

Плодородная почва отличается от неплодородной активностью и интенсивностью происходящих в ней биологических процессов. Плодородие — динамичный, изменчивый показатель, требующий постоянного его поддержания на необходимом уровне [5, 6]. Внесение небольших доз органических удобрений

ний и частые механические обработки приводят к быстрому его разложению и накоплению нитратного азота, который очень подвижен в почве и часто вымывается из пахотного слоя, что экономически не выгодно и экологически небезопасно.

Потери органического вещества почвы и элементов минерального питания можно компенсировать внесением органических, минеральных [7, 8] и сидеральных удобрений [9, 10]. Использование сидеральных удобрений ограничено из-за преимущественного применения растительной массы некоторых растений в качестве корма для с/х животных. По данным САС «Ивановская» для бездефицитного баланса гумуса на легкосуглинистых дерново-подзолистых и серых лесных почвах необходимо вносить 10...12 т/га, на среднесуглинистых — 8...10 т/га навоза хорошего качества [11, 12].

По сведениям В.Н. Кудеярова в настоящее время в среднем на 1 га пашни вносится не более 1,0 т/га органических удобрений. Вынос макроэлементов компенсируется на 7...28 %, а с учетом органических удобрений — на 14...34 %. Ежегодное отрицательное сальдо баланса азота составляет 34...50 кг/га, фосфора — 9...16, калия — 38...64 кг/га. За последние два десятилетия почвы недополучили 845 кг/га азота, 260 кг/га фосфора и 990 кг/га калия [13].

Из-за увеличения площадей кислых почв в Нечерноземной зоне недобор урожая составляет 8...10 млн т, в целом по РФ — 16...18 млн т в пересчете на зерно, а в перспективе может достигнуть 20...22 млн т, при этом ухудшается качество продукции [14].

По данным Г.Н. Ненайденко отрицательный баланс главных элементов питания в почвах Ивановской и Владимирской областей составляет более 110 кг/га в д.в. [11, 12]. По расчетам А.А. Завалина, Г.Г. Благовещенской, за прошедшие 5 лет в земледелии России с удобрениями внесено 9,96 млн т питательных веществ, а с урожаем культур вынесено 45 млн т. Большая часть урожая формируется за счет мобилизации почвенного плодородия без компенсации выносимых элементов питания [15].

Экспериментами многих исследователей убедительно доказано преимущество глубокой ярусной заделки органических удобрений, при которой происходит углубление пахотного слоя, препятствующее вымыванию питательных веществ и его уплотнению, а также повышается коэффициент их использования. Глубокая ярусная вспашка с заделкой внесенного органического удобрения создает обратно гетерогенное по плодородию строение пахотного слоя почвы [16]. Для формирования этого слоя используются ярусные плуги, с помощью которых производят периодическое, раз в 4-5 лет, оборачивание пахотного горизонта в сочетании с мелким поверхностными обработками.

Цель исследования — изучить влияние глубокой ярусной заделки органического удобрения в 9-польном севообороте на плодородие серой лесной почвы и продуктивность севооборота.

Материалы и методы исследования

Полевой опыт закладывали в СПК «Племзавод им. Дзержинского» Гаврилово-Посадского района Ивановской области. Схема опыта включала заделку 100 т/га подстилочного навоза под ярусный плуг ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см, обычный плуг ПН-4-35 — на 20...22 см и дисковую борону БДТ-3 — на 15...18 см.

Опыт заложен в четырехкратной повторности в 9-польном севообороте на серой лесной среднесуглинистой почве, мощность пахотного слоя которого 21...22 см. Площадь опытной делянки 120 м². Кроме навоза вносили N₆₀P₆₀K₆₀ кг/га д.в. Содержание в пахотном слое гумуса составило 2,78...2,82 %, нитратного азота N–NO₃ — 15,4...16,9 мг/кг почвы, P₂O₅ и K₂O — 151...159 и 141...154 мг/кг почвы соответственно. Обменная кислотность рН_{KCl} — 5,9...6,1, гидролитическая Н_T — 2,43...2,32 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований — 18,3...18,9 мг-экв/100 г почвы. Опыты проводили, используя общепринятые методики¹.

Метеоусловия в годы исследований складывались по-разному. Так гидро-термический коэффициент Селянинова (ГТК) за вегетацию в 2008 г. составил 1,78, 2010 г. — 1,9, 2014 г. — 1,79, что соответствует влажному вегетационному периоду, в 2009 г. значения ГТК составили 0,93 — недостаточно увлажненный при норме 1,4. Оптимально увлажненными были годы 2011 г. — 1,47, 2012 г. — 1,12 и 2017 г. — 1,33. Как очень влажный характеризовался 2013 г. — ГТК составил 2,57, засушливыми оказались 2015 и 2016 гг., когда ГТК не превышал 0,75 и 0,72. Следовательно, в большинстве лет погода в периоды вегетации растений оказалась контрастной, что не совсем благоприятно сказалось на росте и развитии культур.

Результаты исследования и обсуждение

Изменение плодородия почвы по разным способам заделки подстилочного навоза происходило неодинаково. При всех способах внесения навоза отмечается положительный баланс гумуса и элементов минерального питания растений, за исключением содержания магния, дефицит которого в среднем по способам обработки составил 65,7 кг/га (табл. 1).

¹ ГОСТ 26213—91. Почвы. Методы определения органического вещества. М., 1991. 6 с.

ГОСТ 26951—86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М., 1986. 8 с.

ГОСТ 54650—2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М., 2019. 8 с.

ГОСТ 26212—91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М., 1992. 6 с.

ГОСТ 27821—88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М., 1988. 6 с.

Таблица 1

Баланс питательных веществ в севообороте (2008–2016 гг.)

Элемент плодородия	Единицы измерения	Способ внесения органического удобрения		
		ПН-4-35, 20...22 см	ПЯ-3-35, 25...27 см	БДТ-3, 15...18 см
Поступление питательных веществ из органического удобрения, ПКО и НРК				
Выход гумуса	т/га	13,6	13,7	13,7
Азот	кг/га	1069	1127	1090
Фосфор	кг/га	750	782	781
Калий	кг/га	1115	1111	1110
Кальций	кг/га	505	542	504
Магний	кг/га	243	246	242
Вынос питательных веществ с урожаем				
Выход гумуса	т/га	9,58	9,61	9,61
Азот	кг/га	1012	1068	1002
Фосфор	кг/га	715	754	716
Калий	кг/га	946	996	947
Кальций	кг/га	495	532	495
Магний	кг/га	305	323	300
Сальдо питательных веществ в почве				
Выход гумуса	т/га	4,02	4,09	4,09
Азот	кг/га	57,0	59	88
Фосфор	кг/га	35,0	28	65,0
Калий	кг/га	169	115	16,
Кальций	кг/га	10,0	10,0	9,0
Магний	кг/га	-62,0	-77,0	-58,0

Table 1

The balance of nutrients in crop rotation (2008–2016)

Fertility element	Units	Manure incorporation method		
		PN-4-35, 20-22 cm	PYA-3-35, 25-27 cm	BDT-3, 15-18 cm
Nutrient intake from manure, crop-root residues and NPK				
Humus output	t/ha	13.6	13.7	13.7
Nitrogen	kg/ha	1069	1127	1090
Phosphorus	kg/ha	750	782	781
Potassium	kg/ha	1115	1111	1110
Calcium	kg/ha	505	542	504
Magnesium	kg/ha	243	246	242
Crop nutrient removal				
Humus output	t/ha	9.58	9.61	9.61
Nitrogen	kg/ha	1012	1068	1002
Phosphorus	kg/ha	715	754	716
Potassium	kg/ha	946	996	947
Calcium	kg/ha	495	532	495
Magnesium	kg/ha	305	323	300
Soil nutrient balance				
Humus output	t/ha	4.02	4.09	4.09
Nitrogen	kg/ha	57.0	59	88
Phosphorus	kg/ha	35.0	28	65.0
Potassium	kg/ha	169	115	16.
Calcium	kg/ha	10.0	10.0	9.0
Magnesium	kg/ha	-62.0	-77.0	-58.0

Также выявлено, что баланс фосфора при ярусной обработке значительно ниже, чем при других приемах обработки. Накопление фосфора с учетом потерь по обычной вспашке составило 35,0 кг/га, поверхностной обработке — 65,0 кг, ярусной — 28,0 кг/га. На сальдо питательных веществ в почве большое влияние оказал вынос питательных веществ с урожаяев.

В целом же отмечено расширенное воспроизводство плодородия по всем работкам. Если при расчете содержание гумуса по системам обработки получены близкие данные — около 4,02 и 4,09 т/га, то по результатам лабораторного анализа почвенных образцов обнаружены значительные расхождения, особенно при глубокой ярусной заделке навоза (табл. 2). Так при дисковании прирост гумуса по сравнению с исходным показателем составил 6,9 т/га, при традиционной вспашке — 7,8 т/га, ярусной — 14,4 т/га. При глубокой ярусной обработке гумуса накопилось на 6,6 т/га (или 1,85 раза) больше, чем при обычной вспашке, и на 7,5 т/га (2,1 раза), чем при дисковании. Процесс гумусообразования успешнее протекал при ярусной обработке, о чем свидетельствуют коэффициент гумификации органического вещества, который составил 60...70 %, тогда как в вариантах дисковой и обычной заделки он не превышал 25 и 30 %.

По данным С.С. Сдобникова из 1 т полуперепревшего навоза при запашке на 20...22 см обычным плугом образуется 35...50 кг [17] гумуса, по данным А.Н. Жукова и П.Д. Попова — 60 кг [18].

Для интенсивного формирования гумуса необходимо, чтобы процесс минерализации органического вещества происходил при разных условиях: в аэробных и анаэробных. На это в своих трудах указывал П.А. Костычев [19].

Аэробные и анаэробные условия создаются при проведении глубокой запашки навоза ярусным плугом ПЯ-3-35 на 25...27 см. Если по мелким заделкам органическое вещество практически полностью разлагалось почвенной биотой в течение 2–3 лет, то глубокой запашке на дно борозды оно сохранялось около пяти лет.

Пожнивно-корневые остатки (ПКО) заделывали при помощи тяжелой дисковой бороны на глубину 16...18 см. При такой заделке ярусная вспашка создавала как бы «слоенный пирог» — внизу навоз, а сверху органические остатки. Распределенное таким образом органическое вещество в почвенной толще при глубокой заделке формировало обратно гетерогенное строение пахотного слоя, в некоторые годы нижний слой оказывался плодороднее верхнего. Ярусный плуг, благодаря мощному предплужнику, точно укладывает на заданную глубину верхний слой почвы, богатый органическим веществом, загрязненный семенами сорняков и болезнями, что не наблюдалось при вспашке обычным плугом, даже с предплужниками производившим обычное перемешивание верхней части пашни на глубину 16...18 см.

Анализ динамики показателей плодородия почвы показал, что обменная кислотность несколько снизилась по всем технологиям заделки навоза по сравнению с исходными данными (табл. 2). Если по уравнительному посеву она не превышала 6,05 и 6,08 рН, то в конце опыта составила по дискованию — 6,11, ярусному плугу — 6,18 и обычному плугу — 6,15, т.е. снизилась на 0,07, 0,13 и 0,03 единиц соответственно.

Таблица 2

Изменение плодородия почвы при разных способах заделки навоза

№ п/п	Элемент плодородия	Год	ПН-4-33 (20...22 см)	ПЯ-3-35 (25...27 см)	БДТ-3 (15...18 см)
1	Обменная кислотность рН _{KCl}	2007	6,08	6,05	6,08
		2008	6,10	6,08	6,10
		2016	6,15	6,18	6,11
2	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы	2007	17,3	17,4	17,1
		2008	17,9	18,1	18,0
		2016	21,7	23,6	21,9
3	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	2007	160	161	166
		2008	172	168	174
		2016	180	210	189
4	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	2007	161	160	158
		2008	172	183	176
		2016	186	208	184
5	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	2007	18,3	18,7	18,8
		2008	20,6	22,0	20,2
		2016	23,0	25,3	21,8
6	Содержание гумуса, %	2007	2,81	2,83	2,80
		2008	2,84	2,87	2,85
		2016	3,01	3,20	2,99
Прирост гумуса, %, (т/га)			0,2 (7,8)	0,37(14,4)	0,19 (6,9)

Примечание. 2007 г. – уравнительные посевы овса (исходные данные).

Table 2

Changes in soil fertility depending on manure application method

No. p / p	Soil parameter	Year	PN-4-33 (20-22 cm)	PY-3-35 (25-27 cm)	BDT-3 (15-18 cm)
1	Exchange acidity (рН _{KCl})	2007	6.08	6.05	6,08
		2008	6.10	6.08	6,10
		2016	6.15	6.18	6,11
2	N-NO ₃ , mg/kg	2007	17.3	17.4	17,1
		2008	17.9	18.1	18,0
		2016	21.7	23.6	21,9
3	P ₂ O ₅ , mg/kg	2007	160	161	166
		2008	172	168	174
		2016	180	210	189
4	K ₂ O, mg/kg	2007	161	160	158
		2008	172	183	176
		2016	186	208	184
5	Total absorbed bases, mEq/100 g	2007	18.3	18.7	18,8
		2008	20.6	22.0	20,2
		2016	23.0	25.3	21,8
6	Humus, %	2007	2.81	2.83	2,80
		2008	2.84	2.87	2,85
		2016	3.01	3.20	2,99
Humus growth, %, (t / ha)			0,2 (7,8)	0,37 (14,4)	0,19 (6,9)

Note. 2007 – leveling crops of oats (source data).

Вероятно, снижение кислотности происходило из-за выноса посевами клевера из нижнего слоя в верхний кальция и магния.

Что касается $N-NO_3$, то к концу ротации севооборота его содержание увеличилось на 25,4 % при заделке обычным плугом, на 35,6 % при ярусной запашке и на 28,1 % при дисковой обработке.

К завершению ротации севооборота содержание в почве P_2O_5 на варианте ярусного плуга возросло на 30,4 %, обычного плуга ПН-4-35 — на 12,5 %, дискования — на 13,8 %. Прирост K_2O по вспашке на 20...22 см 15,5 %, на 25...27 см — 30,0 %, по дискованию на 15...18 см — 16,4 %.

Сумма поглощенных оснований увеличилась на 25,7 и 12,6 % при применении традиционного плуга, на 35,3 и 17,1 % двухъярусного и на 16,0 и 7,4 % дисковой бороны. В улучшении этих показателей, немаловажную роль сыграли посевы клевера.

Важную роль в повышении плодородия почвы играют водно-физические и биологические свойства почвы: содержанию влаги, водопроходной структуры, плотности сложения, наличию дождевых червей. Изучаемые агрокультуры имеют свой оптимальный диапазон плотности: для озимых зерновых — 1,20...1,40 г/см³, яровых зерновых — 1,15...1,30 г/см³. Важна плотность и для формирования гумуса — лучше всего этот процесс происходит при плотности 1,30...1,35 г/см³.

В исследованиях средняя плотность в слое 0—30 см под озимой пшеницей при обработке двухъярусным плугом не превышала 1,23, обычным плугом — 1,26 и БДТ-3 — 1,27 г/см³. Под яровыми культурами она составила 1,21, 1,25 и 1,27 г/см³ соответственно. Больше водопроходных агрегатов под озимыми культурами наблюдалась при глубокой вспашке — 57,6 %, меньше по обычной — 53,0 % и дискованию — 55,4 %, под яровыми соответственно — 55,2, 53,0 и 52,3 %.

Дождевые черви улучшают физические свойства почвы, участвуют в разложении органического вещества, обеспечивая растения элементами минерального питания, в частности азотом, фосфором и кальцием.

В опытах количество дождевых червей под озимой пшеницей на варианте обычной вспашки составило 44 экз./м², ярусной — 47 и дисковой обработке — 41 экз./м², их общая масса соответственно — 1,80, 1,83 и 1,68 кг/га. При этом ими было выделено капролита — 13,00, 13,84 и 12,07 т/га соответственно.

Благоприятные условия роста и развития растений позволили обеспечить урожай озимой пшеницы после занятого пара по двухъярусному плугу 4,56 т/га, обычному плугу — 4,35, дискованию — 4,36 т/га, после многолетних трав — 4,59, 4,43 и 4,41 т/га соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность и качество зерновых культур при различных способах заделки навоза (2008–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Сырой белок, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Азот общий, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %
Озимая пшеница после занятого пара							
1	4,35	12,2	28,2	56,2	2,45	0,52	0,54
2	4,56	13,6	31,2	59,0	2,58	0,53	0,59
3	4,36	12,3	29,4	56,3	2,41	0,52	0,54
НСР ₀₅	0,16						
Озимая пшеница после многолетних трав							
1	4,43	14,9	36,4	54,8	2,28	0,46	0,57
2	4,59	15,4	37,6	56,3	2,31	0,50	0,60
3	4,41	14,9	36,2	54,3	2,18	0,47	0,57
НСР ₀₅	0,14						
Яровая пшеница							
1	3,23	14,9	36,4	54,8	2,28	0,46	0,57
2	3,58	15,4	37,6	56,3	2,31	0,50	0,60
3	3,15	14,9	36,2	54,3	2,18	0,47	0,57
НСР ₀₅	0,13						
Яровой ячмень							
1	3,42	13,4	3,68*	60,0	2,15	0,78	0,92
2	3,67	14,2	3,64*	63,0	2,23	0,95	0,94
3	3,10	13,3	3,67*	59,0	2,09	0,77	0,90
НСР ₀₅	0,15						
Овес							
1	3,85	12,8	28,2	40,1	2,37	0,67	0,55
2	4,65	14,3	30,9	43,9	2,44	0,74	0,59
3	4,46	13,2	29,8	42,6	2,43	0,68	0,57
НСР ₀₅	0,14						

Примечание. * – Содержание клетчатки.

Условные обозначения: 1 – ПН-4-35 на 20...22 см, 100 т/га; 2 – ПЯ-3-35 на 25...27 см; 3 – БДТ-3 на 15...18 см.

Table 3

Grain yield and quality depending on manure application method (2008–2016)

Variant	Yield, t/ha	Crude protein, %	Gluten, %	Starch, %	Total nitrogen, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %
Winter wheat after full fallow							
1	4.35	12.2	28.2	56.2	2.45	0.52	0.54
2	4.56	13.6	31.2	59.0	2.58	0.53	0.59
3	4.36	12.3	29.4	56.3	2.41	0.52	0.54
LSD ₀₅	0.16						
Winter wheat after perennial grasses							
1	4.43	14.9	36.4	54.8	2.28	0.46	0.57
2	4.59	15.4	37.6	56.3	2.31	0.50	0.60
3	4.41	14.9	36.2	54.3	2.18	0.47	0.57
LSD ₀₅	0.14						
Spring wheat							
1	3.23	14.9	36.4	54.8	2.28	0.46	0.57
2	3.58	15.4	37.6	56.3	2.31	0.50	0.60
3	3.15	14.9	36.2	54.3	2.18	0.47	0.57
LSD ₀₅	0.13						
Spring barley							
1	3.42	13.4	3.68*	60.0	2.15	0.78	0.92
2	3.67	14.2	3.64 *	63.0	2.23	0.95	0.94
3	3.10	13.3	3.67 *	59.0	2.09	0.77	0.90
LSD ₀₅	0.15						
Oats							
1	3.85	12.8	28.2	40.1	2.37	0.67	0.55
2	4.65	14.3	30.9	43.9	2.44	0.74	0.59
3	4.46	13.2	29.8	42.6	2.43	0.68	0.57
LSD ₀₅	0.14						

Note. 1 – PN-4-35 at 20...22 cm, 100 t/ha; 2 – PY-3-35 at 25...27 cm; 3 – BDT-3 at 15...18 cm; * – fiber content.

Общий сбор зерна с 1 га севооборотной площади при обычной запашке составил 19,4 или 3,87 т зерновых единиц, при глубокой ярусной заделке — 20,1 т или 4,21 т/га з.е., по дискованию соответственно 19,5 т и 3,90 т/га. По ярусному

плугу урожайность зерновых культур по сравнению с обычной вспашкой была выше на 1,77 т/га, или на 8,4 %, с дискованием — на 1,57, или на 7,5 %.

При этом содержание сырого белка составило 13,6 и 14,5 %, клейковины — 31,2 и 37,6 %, крахмала — 59 и 56,3 %. При ярусной обработке в зерне больше содержалось фосфора и калия. Содержание общего азота варьировало от 2,31 до 2,58 %.

Урожайность яровой пшеницы с подсевом многолетних трав по ярусной обработке составила 3,58 т/га, что выше обычной вспашки на 0,35 т/га, дискования — на 0,43 т/га. При запашке ярусным плугом в зерне содержалось: белка — 15,4, клейковины — 37,6, крахмала — 56,3, фосфора и калия — 0,50...0,60 % (см. табл. 3). В то же время в вариантах заделки ПН-4-35 и БДТ-3 зерно содержало: белка — 14,9, клейковины — 36,4 и 36,2, крахмала — 54,8 и 54,3, фосфора — 0,57, калия — 0,46...0,47 %.

По глубокой обработке урожай ячменя достиг 3,67, по плугу ПН-4-35 — 3,42, БДТ-3 — 3,10 т/га с содержанием белка — 14,2, 13,4 и 13,3 %, общего азота — 2,23, 2,15 и 2,09 %, фосфора — 0,94, 0,92 и 0,90, калия — 0,95, 0,78 и 0,77 % соответственно (см. табл. 3).

Продуктивность овса на участке ярусной обработки почвы оказалась 4,65, БДТ-3 — 4,46 и ПН-4-35 — 3,85 т/га с содержанием в зерне белка соответственно — 14,3, 12,8 и 13,2 %, клейковины — 30,9, 28,2 и 29,8 %, крахмала — 43,9, 40,1 и 42,6 %, общего азота — 2,44, 2,37 и 2,43 %, калия — 0,74, 0,67 и 0,68 %, фосфора — 0,59, 0,55 и 0,57 % (см. табл. 3). Таким образом, при глубокой ярусной обработке культур севооборота были выше продуктивность и качество продукции.

Заключение

1. Запашка навоза плугом ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см повысила:
 - содержание гумуса по сравнению с обычной вспашкой на 6,6 т/га, с дискованием — на 7,5 га/га;
 - количество дождевых червей на 3 и 6 особей;
 - общую биологическую активность почвы.
2. Заделка подстильного навоза на дно борозды двухъярусным плугом улучшила водно-физические свойства пахотного слоя, увеличила накопление влаги в пахотном слое, количество водопрочных агрегатов на 4,6 % по отношению к обычной вспашке и на 5,3 % по дискованию, снизила плотность сложения на 0,03 и 0,04 г/см³ соответственно.
3. Глубокая ярусная запашка органического удобрения повысила на 7,0 % продуктивность возделываемых культур по отношению к обычной вспашке и на 6,7 % — к дискованию, улучшила качество продукции.

Библиографический список

1. Верховец И.А., Малыгина Н.С., Тихойкина И.М., Тучкова Л.Е., Чувашева Е.С. Влияние плодородия серых лесных почв на урожайность и качество зерна пшеницы // Вестник сельского развития и социальной политики. 2015. № 4(8). С. 22—26.
2. Зинякова Н.Б., Семенов В.М. Влияние разных систем удобрения на содержание и качество органического вещества в серой лесной почве // Системы использования органических удобрений и возоб-

новляемых ресурсов в ландшафтном земледелии : сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященный 100-летию Судогорского опытного поля : в 2-х т. 2013. Т. 1. С. 93—102.

3. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Влияние удобрений на содержание подвижных форм азота и урожайность овса на серых лесных почвах Верхневолжья // *Агрохимия*. 2020. № 2. С. 3—13. doi: 10.31857/S0002188120020118

4. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Удобрения и модели их влияния на продуктивность и плодородие серых лесных почвах Верхневолжья // *Владимирский земледелец*. 2019. № 2 (88). С. 4—11. doi: 10.24411/2225-2584-2019-10057

5. Платонычева Ю.Н., Полякова Н.В., Володина Е.Н. Значение удобрений в повышении урожайности зерновых культур и оптимизации плодородия серых лесных почв // *Агрохимический вестник*. 2009. № 2. С. 24—26.

6. Хазиев Ф.Х., Багаутдинов Ф.Я., Рамазанов Р.Я., Габбасова И.М., Агафарова Я.М. Влияние органических удобрений на плодородие серых лесных почв Башкирии // *Почвоведение*. 1995. № 4. С. 465—471.

7. Котова Е.О. Перспективы применения в качестве органических удобрений на серых лесных почвах Центрально-Черноземной зоны сидеральных сельскохозяйственных культур // *Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Н.Г. Власенко и др.* 2019. С. 150—154.

8. Корчагин А.А., Окорков В.В., Окоркова Л.А., Рагимов А.О. Влияние систем удобрения на содержание и качество гумуса серых лесных почв Владимирского ополья // *Владимирский земледелец*. 2013. № 1 (63). С. 6—10.

9. Gordon B.W., Murphy L., Wiatrak P. Improving phosphorus nutrition of corn // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2014. № 9 (3). P. 294—298. doi: 10.3844/ajabssp.2014.294.298

10. Shahbazi S., Bagheri H., Farboudi M., Shahrokhi S. The Effect of Sowing Dates and Different Levels of Nitrogen on Yield and Yield Components of Second Crop Corn Var. 704-KSC in Miyaneh County // *Adv. Biores.* 2016. Vol 7[3]. P. 119—125. doi: 10.15515/abr.0976-4585.7.3.119125

11. Баусов А.М., Борин А.А., Ненайденко Г.Н. Рациональное применение удобрений в условиях рыночной экономики. Иваново, 2007. С. 43—82.

12. Ненайденко Г.Н., Мазиров М.А. Плодородие и эффективное применение удобрений в агроценозах Верхневолжья. Владимир, 2002. 290 с.

13. Кудеяров В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // *Вестник РАН*. 2015. Т. 85. № 9. С. 771—775. doi: 10.7868/S0869587315090078

14. Темников В.Н. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв Центрального района НЗ России // *Агрохимические технологии, приемы и способы увеличения объемов производства высококачественной с/х продукции 21—22 мая 2008 г. : материалы Междунар. науч.-практ. конф. М., 2008. 232 с.*

15. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России // *Агрохимия*. 2012. № 6. С. 32—37.

16. Мельцаев И.Г., Зинченко С.И., Эседуллаев С.Т., Лоцинина А.Э. Севооборот и система обработки — основы повышения плодородия почв и урожайности в Верхневолжье. Иваново : ПресСто, 2019. 392 с.

17. Сдобников С.С. Пахать или не пахать : монография. М. : Брукс. 1994, 232 с.

18. Жуков А.И., Попов П.Д. Регулирование баланса гумуса в почве. М. : Росагропромиздат, 1988. 39 с.

19. Костычев П.А. Почвоведение. М. : Сельхозиздат, 1940. 300 с.

References

1. Verkhovets IA, Malygina NS, Tikhoikina IM, Tuchkova LE, Chuvashева ES. Influence of gray forest soil fertility on wheat grain yield and quality. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noi politiki* [Bulletin of Rural Development and Social Policy]. 2015; 4:22—26. (In Russ).

2. Zinyakova NB, Semenov VM. Influence of different fertilizer systems on the content and quality of organic matter in gray forest soil. In: *Sistemy ispol'zovaniya organicheskikh udobrenii i vozobnovlyaemykh*

resursov v landshaftnom zemledelii. T. 1 [Systems for the use of organic fertilizers and renewable resources in landscape agriculture. Vol. 1]. 2013. p. 93–102. (In Russ).

3. Okorkov VV, Fenova OA, Okorkova LA. Influence of fertilizers on the content of mobile forms of nitrogen and oat yield on gray forest soils of the Upper Volga region. *Agrohimia*. 2020; (2):3–13. (In Russ). doi: 10.31857/S0002188120020118

4. Okorokov VV, Fenova OA, Okorkova LA. Fertilizers and their impact on productivity and fertility of gray forest soils of the upper Volga region. *Vladimir agricolist*. 2019; (2):4–11. (In Russ). doi: 10.24411/2225-2584-2019-10057

5. Platonycheva YN, Polyakova NV, Volodina EN. Importance of fertilizers in increasing yield of grain crops and optimizing fertility of gray forest soils. *Agrochemical Herald*. 2009; (2):24–26. (In Russ).

6. Khabirov IK, Khaziev FK, Bagautdinov FY, Ramazanov RY, Gabbasova IM, Agafarova YM. The effect of organic fertilizers on fertility of gray forest soils in Bashkiria. *Eurasian Soil Science*. 1995; (4):465–471. (In Russ).

7. Kotova EO. Prospects of application of sideral agricultural crops as organic fertilizers on gray forest soils of the Central Chernozem zone. In: *Noveishie napravleniya razvitiya agrarnoi nauki v rabotakh molodykh uchennykh* [The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists]. Novosibirsk: Zolotoi kolos publ.; 2019. p. 150–154. (In Russ).

8. Korchagin AA, Okorkov VV, Okorkova LA, Ragimov AO. Influence of fertilizer systems on humus content and quality in gray forest soils of the Vladimir Opolye. *Vladimir agricolist*. 2013; (1):6–10. (In Russ).

9. Gordon BW, Murphy L, Wiatrak P. Improving phosphorus nutrition of corn. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2014; 9(3):294–298. doi: 10.3844/ajabssp.2014.294.298

10. Shahbazi S, Bagheri H, Farboudi M, Shahrokhi S. The effect of sowing dates and different levels of nitrogen on yield and yield components of second crop corn var. 704-KSC in Miyaneh County. *Advances in Bioresearch*. 2016; 7(3):119–125. doi: 10.15515/abr.0976-4585.7.3.119125.

11. Bausov AM, Borin AA, Nenaidenko GN. *Ratsional'noe primeneniye udobrenii v usloviyakh rynochnoi ekonomiki* [Rational use of fertilizers in a market economy]. Ivanovo; 2007. (In Russ).

12. Nenaidenko GN, Mazirov MA. *Plodorodie i effektivnoe primeneniye udobrenii v agrotsenozakh Verkhnevolzh'ya* [Fertility and effective application of fertilizers in agrocenoses of the Upper Volga region]. Vladimir; 2002. (In Russ).

13. Kuderyarov VN. Assessment of nutritional degradation of arable soils in Russia. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2015; 85(9):771–775. (In Russ). doi: 10.7868/S0869587315090078

14. Temnikov VN. Agrochemical ways of increasing the fertility of sod-podzolic soils in the Central region of the NZ of Russia. In: *Agrokhimicheskie tekhnologii, priemy i sposoby uvelicheniya ob'emov proizvodstva vysokokachestvennoi s/kh produktsii* [Agrochemical technologies, techniques and methods of increasing the volume of production of high-quality agricultural products]. Moscow; 2008. (In Russ).

15. Zavalin AA, Blagoveshchenskaya GG. Contribution of leguminous biological nitrogen to the nitrogen budget of Russian agriculture. *Eurasian Soil Science*. 2012; (6):32–37. (In Russ).

16. Meltsaev IG, Zinchenko SI, Esedullaev ST, Loshchinina AE. *Sevooborot i sistema obrabotki — osnovy povysheniya plodorodiya pochv i urozhnosti v Verkhnevolzh'e* [Crop rotation and processing system—the basis for increasing soil fertility and yield in the Upper Volga region]. Ivanovo: PresSto publ.; 2019. (In Russ).

17. Sdobnikov SS. *Pakhat' ili ne pakhat'* [Plow or not plow]. Moscow: Bruks publ.; 1994. (In Russ).

18. Zhukov AI, Popov PD. *Regulirovaniye balansa gumusa v pochve* [Regulation of humus balance in soil]. Moscow: Rosagropromizdat publ.; 1988. (In Russ).

19. Kostychev PA. *Pochvovedeniye* [Soil Science]. Moscow: Selkhozizdat publ.; 1940. (In Russ).

Об авторах:

Мельцаев Иван Григорьевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела кормопроизводства и агрохимии, Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 153506, Ивановская область, Ивановский р-н, с. Богородское, ул. Центральная, д. 2; e-mail: ivniicx@mail.ru

Эседуллаев Сабир Тюменбекович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 153506, Ивановская область, Ивановский р-н, с. Богородское, ул. Центральная, д. 2; e-mail: ivniicx@mail.ru

About authors:

Meltsaev Ivan Grigoryevich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, leading researcher, Department of feed production and Agrochemistry, Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, 2 Tsentralnaya st., Bogorodskoe village, Ivanovo district, Ivanovo region, 153506, Russian Federation; e-mail: ivniicx@mail.ru

Esedullaev Sabir Tyumenbegovich — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director, Ivanovo Research Institute of Agriculture — branch of Upper Volga Federal Agrarian Research Center, 2 Tsentralnaya st., Bogorodskoe village, Ivanovo district, Ivanovo region, 153506, Russian Federation; e-mail: ivniicx@mail.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК
