

ISSN 2500-0047

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL

2 (125) 2024



12+

ISSN 2500-0047

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL

2 (125) 2024

Волгоград
2024

Научно-агрономический журнал

Научно-практический журнал

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

Главный редактор: **Кулик К. Н.**, д.с.-х.н., профессор, академик РАН
Зам. главного редактора: **Федотова А. В.**, д.б.н., профессор

Журнал с 25.05.2022 г. включен в «Перечень рецензируемых научных изданий ВАК»
по следующим научным специальностям и отраслям науки:

- 1.5.15. – Экология (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение,
лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

Редакционный совет:

Беляев А. И., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Беленков А. И., д.с.-х.н., «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Москва
Дубенок Н. Н., д.с.-х.н., академик РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва
Еремин Г. В., д.с.-х.н., академик РАН, Крымская ОСС – филиал ВИР, г. Крымск Краснодарского края
Кружилин И. П., д.с.-х.н., академик РАН, ВНИИОЗ, Волгоград
Лихацевич А. П., д.т.н., член-корреспондент НАН Беларуси, Минск
Мелихов В. В., д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, ВНИИОЗ, Волгоград
Муканов Б. М., д.с.-х.н., КазНИИЛХА, Республика Казахстан
Новиков А. Е., д.т.н., член-корреспондент РАН, ВНИИОЗ, Волгоград
Свинцов И. П., д.с.-х.н., академик РАН, Москва
Сложенкина М. И., д.б.н., член-корреспондент РАН, «Поволжский НИИММП», Волгоград
Турусов В. И., д.с.-х.н., академик РАН, «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Воронеж
Чекмарев П. А., д.с.-х.н., академик РАН, заместитель президента РАН, Москва

Редакционная коллегия:

Бакинова Т. И. , д.э.н., КалмГУ, Республика Калмыкия	Оконов М. М. , д.с.-х.н., КалмГУ, Республика Калмыкия
Барабанов А. Т. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Петров Н. Ю. , д.с.-х.н., ВолГАУ, Волгоград
Батаева Ю. В. , д.б.н., ФБУН «ГНЦ ПМБ» Роспотребнадзора	Пянишников А. И. , д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, АО «Щелково Агрохим», Москва
Беляков А. М. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Рахимжанов А. Н. , к.с.-х.н., ТОО «КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан
Борисенко И. Б. , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград	Салугин А. Н. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Воронина В. П. , д.с.-х.н., к.б.н., ВолГАУ, Волгоград	Сарычев А. Н. , к.с.-х.н., ВолГАУ, Волгоград
Зеленев А. В. , д.с.-х.н., ФИЦ «Немчиновка», Москва	Солодовников Д. А. , к.г.н., ВолГУ, Волгоград
Зеленская Г. М. , д.с.-х.н., Донской ГАУ, Ростовская область	Солонкин А. В. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Иванцова Е. А. , д.с.-х.н., ВолГУ, Волгоград	Срослова Г. А. , к.б.н., ВолГУ, Волгоград
Калмыкова Е. В. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Трещевская Э. И. , д.с.-х.н., Воронежский ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж
Колесников С. И. , д.с.-х.н., Южный ФУ, Ростов-на-Дону	Турчин Т. Я. , д.с.-х.н., филиал ВНИИЛМ, Ростовская область
Крючков С. Н. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Тютюма Н. В. , д.с.-х.н., «ПАФНЦ РАН», Астрахань
Манаенков А. С. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Фомин С. Д. , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград
Мазиров М. А. , д.б.н., МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва	Юферов В. Г. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Нефедьева Е. Э. , д.б.н., ВолГТУ, Волгоград	
Новочадов В. В. , д.м.н., ВолГУ, Волгоград	

Ответственный редактор: Леонтьева Е. Е.
Перевод на английский: Хныкин А. С.

Адрес издателя и редакции: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97
E-Mail: info@vfanc.ru <https://vfanc.ru/>

© ФНЦ агроэкологии РАН
© Научно-агрономический журнал

Регистрационный номер ПИ № ФС77-76293 от 12 июля 2019 г. присвоен Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN 2500-0047 DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.000

Печатается в кооперативно-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН
Адрес: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97

Тираж 500 экз. Заказ 11, подписано в печать 27 июня 2024 г. Дата выпуска 28 июня 2024 г.

Журнал выходит 4 раза в год и распространяется по адресной рассылке,
а также на выставках и ярмарках агропромышленной тематики. Цена свободная.

Подписной индекс ПР354

Издатель не несет ответственности за достоверность данных, предоставленных в опубликованных материалах.
При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Scientific Agronomy Journal

Research and Practice Journal

Founder and publisher: «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
(FSC of Agroecology RAS)

Editor-in-Chief: **Kulik K. N.**, Dr. Sci. (Agr.), Professor, Academician of RAS
Deputy Chief Editor: **Fedotova A. V.**, Dr. Sci. (Biol.), Professor

In 25.05.2022, the journal was included in the List of publications of the Higher Attestation Commission in the following specialties and fields of science:

- 1.5.15. – Ecology (agricultural sciences),
- 4.1.1. – General agriculture and crop production (agricultural sciences),
- 4.1.2. – Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences),
- 4.1.6. – Forest science, forestry, forest cultures, agroforestry melioration, greening, forest pyrology and taxation (agricultural sciences)

Editorial Council:

Belyaev A. I., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Belenkov A. I., Dr. Sci. (Agr.), Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, Moscow
Dubenok N. N., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow
Eremin G. V., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Krymsk experimental breeding station – branch of the VIR, Krymsk, Krasnodar Region
Kruzhilin I. P., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd
Likhatchevich A. P., Dr. Sci. (Eng.), Corresponding member of NAS of Belarus, Minsk
Melikhov V. V., Dr. Sci. (Agr.), Corr. member of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd
Mukanov B. M., Dr. Sci. (Agr.), Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republic of Kazakhstan
Novikov A. E., Dr. Sci. (Eng.), Corr. member of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd
Svintsov I. P., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Moscow
Slozhenkina M. I., Dr. Sci. (Biol.), Corresponding member of RAS, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd
Turusov V. I., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Voronezh Federal Agriculture Scientific Center named after V. V. Dokuchaev, Voronezh
Chekmarev P. A., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Deputy President of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Editorial Board:

Bakinova T. I., Dr. Sci. (Econ.), Kalmyk State University, Republik of Kalmyk
Barabanov A. T., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Bataeva Yu. V., Dr. Sci. (Biol.), FBIS «SRCAMB», Moscow
Belyakov A. M., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Borisenko I. B., Dr. Sci. (Eng.), Volgograd State Agriculture University
Voronina V. P., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State Agriculture University
Zelenev A. V., Dr. Sci. (Agr.), Nemchinovka Southern RC, Moscow
Zelenskaya G. M., Dr. Sci. (Agr.), Don State Agriculture University, Rostov
Ivantsova E. A., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State University, Volgograd
Kalmykova E. V., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Kolesnikov S. I., Dr. Sci. (Agr.), SFEDU, Rostov-on-Don
Kryuchkov S. N., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Manayenkov A. S., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Mazirov M. A., Dr. Sci. (Biol.), Russian State Agriculture University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow
Nefed'eva E. E., Dr. Sci. (Biol.), Volgograd State Technical University
Novochadov V. V., Dr. Sci. (Medic.), Volgograd State University
Okonov M. M., Dr. Sci. (Agr.), Kalmyk State University, Republik of Kalmyk
Petrov N. Yu., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State Agriculture University
Pryanishnikov A. I., Dr. Sci. (Agr.), RAS corr. member, JSC «Schelkovo Agrochim» in the Moscow region, Moscow
Rakhimzhanov A. N., Cand. Sci. (Agr.), Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republik of Kazakhstan
Salugin A. N., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Sarychev A. N., Cand. Sci. (Agr.), Volgograd State Agriculture University
Solodovnikov D. A., Cand. Sci. (Geog.), Volgograd State University
Solonkin A. V., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd
Sroslova G. A., Cand. Sci. (Biol.), Volgograd State University
Treshchevskaya E. I., Dr. Sci. (Agr.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh
Turchin T. Ya., Dr. Sci. (Agr.), branch of All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Rostov region
Tyutyuma N. V., Dr. Sci. (Agr.), Caspian Agriculture FSC of RAS, Astrakhan
Fomin S. D., Dr. Sci. (Eng.), Volgograd State Agriculture University
Yuferev V. G., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Managing Editor: Leontyeva E. E.
Translation into English: Khnyckin A. S.

Publisher's Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97
e-mail: info@vfanc.ru <https://vfanc.ru/>

© FSC of Agroecology RAS
© Scientific Agronomy Journal

In the registration of registers, the entry PI number FS77-76293 dated July 12, 2019.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications

ISSN 2500-0047 DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.000

Published by FSC of Agroecology RAS

Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

Circulation 500 copies. Order 11, signed to print on 27 June 2024. Date of issue 28 June 2024.

The journal is published 4 times a year and distributed through an address list and at agro-industrial exhibitions and fairs.

The price is free. Subscription index IIP354

The publisher is not responsible for the credibility of the data in the published materials.

Reprints of the materials must include a reference to the journal.

Содержание

Content

<i>Колонка редактора</i>	5
<i>Агролесомелиорация</i>	
С. Н. Крючков, А. В. Солонкин, А. С. Соломенцева, С. А. Егоров, А. К. Романенко, Д. А. Горбушова. Подбор селекционно-значимых признаков древесных видов для агролесомелиорации и защитного лесоразведения.....	6
С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, Л. А. Колесова, Е. О. Кияшкина. Редукционные числа и прирост по диаметру сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в условиях г. Майкопа.....	16
С. Г. Парамонов, М. В. Жариков, В. В. Перельгин, И. В. Змитрович. Выращивание агарикомицетов на стволах малого диаметра в условиях постагрогенных ландшафтов Псковской области.....	22
<i>Экология</i>	
К. В. Илларионова, С. В. Григорьев. Факторы резистентности волокна хлопчатника российской селекции к эпифитной микрофлоре для получения экологичного сырья.....	29
С. А. Теймуров, М-Р. А. Казиев, К. М. Ибрагимов. Оценка современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ.....	37
<i>Земледелие, растениеводство</i>	
М. Ш. Абасов, М. Ш. Гаплаев, Ш. М. Абасов, Р. Х. Бекбулатов. Семеноводство люцерны в условиях лесостепной зоны Чеченской республики.....	45
Л. Ф. Климова, Ф. З. Кадырова. Эффективность приемов интенсификации при возделывании гречихи в условиях Среднего Поволжья.....	52
<i>Селекция, семеноводство</i>	
И. Н. Маркова. Яровая твёрдая пшеница в Волгоградской области: сорта, урожайность, перспективы возделывания.....	58
М. В. Донская, С. В. Бобков, Н. О. Костикова, М. М. Донской. Влияние микробиологических препаратов на биохимические показатели развития растений нута и чины.....	64
П. Н. Николаев, О. А. Юсова. Адаптивные сорта ярового ячменя Омской селекции.....	70
<i>Биотехнология растений</i>	
Н. Г. Фоменко, О. О. Жолобова. Индукция каллусогенеза и непрямого морфогенеза гибрида <i>Populus deltoides</i> Marshall × <i>Populus alba</i> L. в условиях <i>in vitro</i>	76
<i>Юбилеи</i>	
Юбилей профессора.....	82
<i>От редакции</i>	84

<i>Editorial Column</i>	5
<i>Agroforestry melioration</i>	
S. N. Kryuchkov, A. V. Solonkin, A. S. Solomentseva, S. A. Egorov, A. K. Romanenko, D.A. Gorbushova. Selection of Breeding-Significant Features of Tree Species for Agroforestry and Protective Afforestation.....	6
S. G. Biganova, Yu. I. Sukhorukikh, L. A. Kolesova, E. O. Kiyashkina. Reduction Numbers and Diameter Increase of Scots Pine (<i>Pinus Sylvestris</i> L.) in the Maykop City Conditions.....	16
S. G. Paramonov, M. V. Zharikov, V. V. Perelygin, I. V. Zmitrovich. Cultivation of Agaricomycetes on Small Diameter Logs in Post-Agrogenic Landscapes of Pskov Region.....	22
<i>Ecology</i>	
K. V. Illarionova, S. V. Grigoriev. Factors of Fiber Resistance of Russian Breeding Cotton to Epiphytic Microflora for Obtaining Environmental Friendly Raw Materials.....	29
S. A. Tejmurov, M-R. A. Kaziev, K. M. Ibragimov. Assessment of the Kizlyar Pastures Desolate Lands Current State.....	37
<i>Land cultivation, crop production</i>	
M. Sh. Abasov, M. Sh. Gaplaev, Sh. M. Abasov, R. Kh. Bekbulatov. Alfalfa Seed Production in the Forest-Steppe Zone of the Chechen Republic Conditions.....	45
L. R. Klimova, F. Z. Kadyrova. The Effectiveness of Intensification Techniques in the Buckwheat Cultivation in the Middle Volga Region Conditions.....	52
<i>Breeding, seed production</i>	
I. N. Markova. Spring Durum Wheat in the Volgograd Region: Varieties, Yield, Prospects of Cultivation.....	58
M. V. Donskaya, S. V. Bobkov, N. O. Kostikova, M. M. Donskoi. Influence of Microbiological Preparations on Biochemical Indices of Chickpea and Grass Pea Plant Development.....	64
P. N. Nikolaev, O. A. Yusova. Adaptive Varieties of Omsk Breeding Spring Barley.....	70
<i>Plant biotechnology</i>	
N. G. Fomenko, O. O. Zholobova. Induction of Callusogenesis and Indirect Morphogenesis in the <i>Populus deltoides</i> Marshall × <i>Populus alba</i> L. Hybrid <i>in vitro</i>	76
<i>Anniversaries</i>	
Professor's Anniversary.....	82
<i>From the editorial board</i>	84

Всероссийская научно-практическая конференция 24-25.04.2024 – Волгоград

На базе ФНЦ агроэкологии РАН состоялась Всероссийская научно-практическая конференция «Научные основы адаптивного растениеводства в засушливых регионах»

Ведущие российские ученые обсудили стратегию развития растениеводства в условиях изменяющегося климата.

В пленарном заседании приняли участие академики, члены-корреспонденты, профессора Российской академии наук, руководители Минсельхоза России, Росагрохимслужбы (в формате видеоконференцсвязи), представители всероссийских научно-исследовательских институтов, региональной власти, областного комитета сельского хозяйства, сельхозпроизводители. Мероприятие прошло в рамках федерального проекта «Развитие масштабных научных и научно-технологических проектов по приоритетным исследовательским направлениям» нацпроекта «Наука и университеты».

Со словами приветствия к участникам научно-практической конференции выступили: директор департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России Роман Некрасов; директор ФНЦ агроэкологии РАН, д.с.-х.н., профессор Александр Беляев; заместитель губернатора Волгоградской области Василий Иванов; академик РАН, д.х.н., генеральный директор компании АО «Щелково Агрохим» Салис Каракотов и другие.

Участники обсудили вопросы развития отечественного семеноводства, обменялись мнениями о генетических технологиях в селекции, новых научных решениях в рамках борьбы с опустыниванием территорий, сохранении биоразнообразия агролесоландшафтов, посетили биолaborаторию Центра, где в рамках нацпроекта «Наука и университеты» открылась современная теплица нового поколения «Фитотрон», которая позволяет проводить высокоточные процессы в селекции древесно-кустарниковых пород. В настоящее время здесь работают с образцами тополя, вяза, дуба, джужгуна, тамарикса и другими. Комплекс оснащен современным оборудованием для контроля и управления микроклиматическими условиями в четы-

рех экспериментальных блоках. Туманообразующая установка, дополнительные блоки освещения, управления параметрами температуры и фотопериода позволяют ускорить получение новых улучшенных генотипов растений, устойчивых к различным стресс-факторам.

В рамках форума работала «Школа молодых ученых». Молодые исследователи из различных регионов России выступили с докладами о геномных технологиях в селекции полевых культур, разработке адаптивных технологий выращивания посадочного материала на светло-каштановых почвах, современных агротехнологиях почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия, комплексной мелиорации, повышении эффективности растениеводства за счет освоения инновационных агротехнологий и другим актуальным темам.

На совместной выставке ФНЦ агроэкологии РАН и АО «Щелково Агрохим» участники форума смогли ознакомиться со средствами защиты и питания растений, а также с достижениями волгоградских селекционеров.

Напомним, что на базе ФНЦ в 2021 году, в рамках нацпроекта «Наука и университеты», был создан селекционно-семеноводческий Центр по древесным и кустарниковым породам, объединивший в себе селекционеров, технологов, биотехнологов, специалистов в области молекулярной селекции и геномных технологий. Сегодня в копилке селекционных достижений ученых ФНЦ агроэкологии РАН более 40 сортов зерновых, масличных, крупяных сельхозкультур, а также сорта плодовых и древесных растений. В текущем году волгоградские селекционеры планируют запатентовать еще 8 новых сортов.

Директор ФНЦ агроэкологии РАН Александр Беляев и генеральный директор «Щелково Агрохим» Салис Каракотов подписали Соглашение о сотрудничестве, которое предполагает проведение совместных научно-исследовательских работ по селекции, семеноводству, изучение технологий применения средств защиты растений и специальных удобрений.

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 630*17:582

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15

Подбор селекционно-значимых признаков древесных видов для агролесомелиорации и защитного лесоразведения

Сергей Николаевич Крючков, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0001-8338-6460,

Андрей Валерьевич Солонкин, д.с.-х.н., руководитель селекционно-семеноводческого центра

по древесным и кустарниковым породам, ORCID: 0000-0002-1576-7824,

Александра Сергеевна Соломенцева✉, e-mail: alexis2425@mail.ru, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0000-0002-5857-1004

Сергей Анатольевич Егоров, м.н.с., аспирант, ORCID: 0000-0001-8234-7355,

Алмагуль Кадыргалиевна Романенко, м.н.с., аспирант, ORCID: 0000-0002-6705-6135,

Дарья Алексеевна Горбушова, лаборант-исследователь, ORCID: 0009-0006-4978-4143

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения

Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru,

400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, России

Аннотация. Отношение к основным неблагоприятным факторам окружающей среды (морозы, засуха, засоление почвы и т. д.) отражают биологические свойства главных древесных видов. Знание комплекса их особенностей особенно актуально в регионах с неблагоприятными климатическими условиями, и оно может помочь в правильном подборе необходимого для насаждений породного состава при их создании. Подбор основных признаков устойчивости древесных видов к природно-климатическим факторам при создании насаждений являлось основной целью исследований. В статье приводятся результаты исследования древесных видов: *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus pumila* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus silvestris* L., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe., *Populus alba* L., *Populus bolleana* Louche., *Populus bolleana* Louche. Камышинский, *Populus nigra* L., *Populus nigra* var. *italica* Münchh., *Quercus macrocarpa* Michx., *Pinus sylvestris* L., *Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson, *Gleditsia triacanthos* L. ф. бесколючковая в архиве популяций и насаждений Кировского селекционно-семеноводческого комплекса г. Волгограда, г. Камышина и Новоаннинского лесничества. Установлено, что главными ценными признаками при отборе являются засухоустойчивость, морозоустойчивость, быстрота роста, биометрические показатели, способность возобновления, солеустойчивость. Впервые выявлено различие реакции растений робинии и дуба на применение физиологически активных веществ, стимулирующих рост и плодоношение растений (Гумистим, Гера-хлорелла, Биостим старт) при исследовании их засухоустойчивости и интенсивности транспирации. Получены данные по периодичности плодоношения, которая обусловлена биологическими свойствами древесных пород, а также погодными условиями региона произрастания, выявлением наличия вредителей и болезней в период исследований. Даны рекомендации по возможности использования изучаемых древесных пород в различных почвенно-климатических условиях.

Ключевые слова: лесосеменные плантации, рост, развитие, засухоустойчивость, морозоустойчивость, защитное лесоразведение, плюсовые деревья.

Финансирование. Работа выполнена в рамках задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Цитирование. Крючков С. Н., Солонкин А. В., Соломенцева А. С., Егоров С. А., Романенко А. К., Горбушова Д. А. Подбор селекционно-значимых признаков древесных видов для агролесомелиорации и защитного лесоразведения // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 06-15. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15

Поступила в редакцию: 15.04.2024

Принята к печати: 30.05.2024

Введение. Как очень важное условие для успеха селекции следует отмечать и подчеркивать роль внутривидовых наследственных форм, климатических и высотных экотипов исследуемых растений [5]. Естественный отбор и адаптация древесных пород в природных лесных биогеоценозах – важнейший фактор устойчивости и продуктивности как отдельных древесных пород, так и лесных насаждений в целом. Световое и почвенное питание, суточный и годовой ритм роста и разви-

тия складываются благоприятно, растения растут хорошо – их можно рекомендовать к селекционной работе, как устойчивые и продуктивные лесобразователи [1]. Значение подбора древесных пород для защитных лесных насаждений различного типа очень велико, так как от правильного выбора зависит их устойчивость, долговечность, защитные свойства. Древесные породы должны соответствовать климатическим и почвенным условиям района, в котором запланировано осуществление

лесовосстановительных работ, а также обеспечить формирование высокопроизводительных насаждений, от выбранных пород зависит высота и структура защитных лесных насаждений, а следовательно, и степень их влияния на прилегающие поля, почвы и климат [8]. Все биологические, лесоводственные и защитные свойства древесных пород составляют в сумме их агролесомелиоративную характеристику, которая определяет степень пригодности для защитного лесоразведения [9]. В нее входят засухоустойчивость, морозоустойчивость, быстрота роста, биометрические показатели, способность возобновления, солеустойчивость (Иванов В. Б., Плотникова И. В., Живухина Е. А. [и др.]. Практикум по физиологии растений: учебное пособие для студ. высш. пед. учебн. заведен.

– М.: Изд. центр «Академия», 2004. 144 с.). Выбор пород для защитных лесных насаждений должен проводиться с учетом данных об их агролесомелиоративных свойствах, собранных при изучении существующих защитных лесных насаждений, что особенно актуально в малолесных регионах с тяжелыми лесорастительными условиями [6; 10].

Цель исследований – подбор селекционно-значимых признаков древесных видов для агролесомелиорации и защитного лесоразведения в условиях засушливого региона.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований в 2022-2024 гг. являлись плюсовые деревья родовых комплексов *Quercus*, *Pinus*, *Robinia*, *Ulmus*, *Populus*, *Gleditsia* (табл. 1, рис. 1).



Рисунок 1. Общий вид опытных участков:

1 – Новоаннинское лесничество (Волгоградская область), дата снимка 12.04.2022 г.

2 – Кировский селекционно-семеноводческий комплекс, г. Волгоград, дата снимка 6.05.2023 г.

3 – Дендрарий Нижневолжской станции по селекции древесных пород, г. Камышин, дата снимка 15.04.2024 г.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Наименование объекта	Координаты	Год создания	S, га	Схема посадки, м	Количество клонов (семей, таксонов), шт.
Клоновый архив дуба	N48°39'02.4»С E044°22'28.4»В	1971	17	4 x 4	46
Клоновый архив робинии	N 48°37'52.86»С E 44°25'12.86»В	1972	3,0	4 x 4	20
Клоновая ЛСП вяза	N 50°04'45.6»С E 45°22'09.8»В	1978	3,5	5 x 10	24
Географические культуры сосны II поколения	N 50°04'25.5»С E 45°22'17.5»В	1989	3,8	4 x 1,5	26
Биогруппа тополей	N 48°37'50.37»С E 48°37'50.37»С	1992-1993	20	5 x 5	36
Коллекционный участок экзотов и плюсовых деревьев дуба, вяза, робинии, гледичии	N 48°38'1.24»С E 44°25'19.43»В	1997-1998	6	5 x 5	80
Семеноводческий комплекс в Новоаннинском лесхозе	N 50°52'4.17»С E 42°64'81.13»В	1982-1995	132	5 x 10	160

Оценка вегетативного и семенного потомства плюсовых деревьев проводилась по следующим показателям: устойчивости к сложным почвенно-климатическим условиям, вредителям, заболеваниям, ростовым показателям, показателям плодоношения и обилию цветения, качеству семян (Вега-Pro – спутниковый сервис анализа вегетации. Режим доступа: <http://pro-vega.ru/>). По результатам оценки отбирали породы по хозяйственно-ценным признакам, имеющим самые высокие ранги по всем из них (балльную оценку) (Методика фенологических наблюдений ГБС. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7515969/>).

Рост, состояние и морфо-биологические особенности генофонда оценивались методами фенологических наблюдений по методике фенологической сети РГО (Фенологическая сеть РГО Режим доступа: <https://fenolog.rgo.ru/>), степени цветения и плодоношения – по методике Минькач Т. В. [4], замеры высоты, окружности ствола, диаметра кроны, приростов, объема ствола – с помощью ростовых линеек и штангенциркуля [2]. Возраст растений определяли с помощью бурава Пресслера фирмы Haglof.

Засухоустойчивость оценивалась по полевому методу, водоудерживающая способность – по Федулову [7], интенсивность транспирации – по методу быстрых взвешиваний [5], оценка повреждений вредителями по методике ВИЗР [3], изучение хода роста – путём анализа древесного ствола среднего модельного дерева.

Комплексная оценка генофонда проводилась по улучшенной математической модели, предложенной Ю. Е. Булыгиным (Булыгин Н. Е, Ярмишко В. Т. Дендрология. – М.: МГУЛ, 2001. 528 с.). По методу многокритериального выбора проводилась интегральная оценка на совокупность хозяйственно-ценных признаков, основанных на подсчёте взвешенной суммы нормированных отклонений признаков. Статистическую обработку данных проводили в программах Excel и BioStat.

Результаты и обсуждение. Общая сохранность растений за период исследований Кировского ССК (г. Волгоград) в 2022-2024 гг. составила 93,2 % вследствие гибели кустарников-заполнителей (хеномелес японский, микровишня) от зарастания сорняками. Самосев основных пород высотой более 1 м не пострадал (табл. 2).

Таблица 2. Общее состояние и рост растений на лесосеменных объектах Кировского ССК (г. Волгоград), 6.05.2023 г.

Лесосеменные объекты	Сохранность, %	Средние главных пород:	
		Высота, см	Диаметр на 1,3 м, см
ЛСП робинии	90,5	510	39
ЛСП ильмовых	95,2	230	40
ЛСП комбинированная:	96,6	-	-
Вяз гладкий	94,9	100	-
ЛСП дуба	94,2	80	-
Коллекция популяций, семей и клонов	92,7	-	-
Всего:	93,2	-	-

Состояние видов в коллекции г. Камышина оценивалось по сохранности, интенсивности роста, репродукционным показателям (табл. 3). Дуб и сосна относятся к медленнорастущим породам, поэтому сильно страдают от конкуренции сорняков, у них был отмечен наибольший отпад. Большинство укоренившихся видов растут успешно. Об этом свидетельствует средняя сохранность всех видов, составляющая 92,7 %. Неблагоприятные климатические факторы явились хорошим средством изучения их устойчивости.

Из таблицы видно, что по росту виды располагаются в нисходящий ряд: робиния мачтовой формы, робиния морозоустойчивой формы, тополь Болле, гледичия бесколючковой формы, вяз гладкий, вяз приземистый, дуб крупноплодный.

Хорошее плодоношение отмечено у дуба крупноплодного, вяза гладкого, сосны крымской, удовлетворительное – у робинии, гледичии бесколючковой формы (рис. 2). Для репродукции вегетативным способом в насаждениях различного типа может быть использован тополь Болле.

Таблица 3. Результаты инвентаризации деревьев и кустарников в г. Камышин, дата 15.04.2024 г.

Название видов и форм	Высота, м	Прирост по высоте, м	Диаметр на 1,3 м	Плодоношение, балл
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. ф. мачтовая	5,7	0,8	8,0	3
<i>Populus bolleana</i> Louche.	7,0	0,5	9,0	стерилен
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	3,5	0,6	5,0	4
подсадка <i>Quercus rubra</i> L. ф. пирамидальная	1,4	0,4	-	-
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	3,4	0,5	3,0	4
подсадка <i>Quercus rubra</i> L.	0,8	0,3	-	-
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	3,0	0,4	3,0	4
подсадка <i>Quercus rubra</i> L.	0,4	0	-	-
<i>Quercus robur</i> L. ф. пирамидальная	1,8	0,5	-	0
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	3,5	0,7	5,5	0
<i>Ulmus pumila</i> L.	3,4	0,5	5,0	1
<i>Gleditsia triacanthos</i> L. ф. бесколючковая	6,5	1,0	7,0	3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. ф. морозоустойчивая	7,1	0,7	11,0	4
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. ф. мачтовая	7,6	0,8	12,0	3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. ф. мачтовая	5,2	0,7	7,5	2
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe.	1,7	0,4	-	-
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1,9	0,6	-	-
<i>Pinus ponderosa</i> P. Lawson & C. Lawson	1,1	0,4	-	-

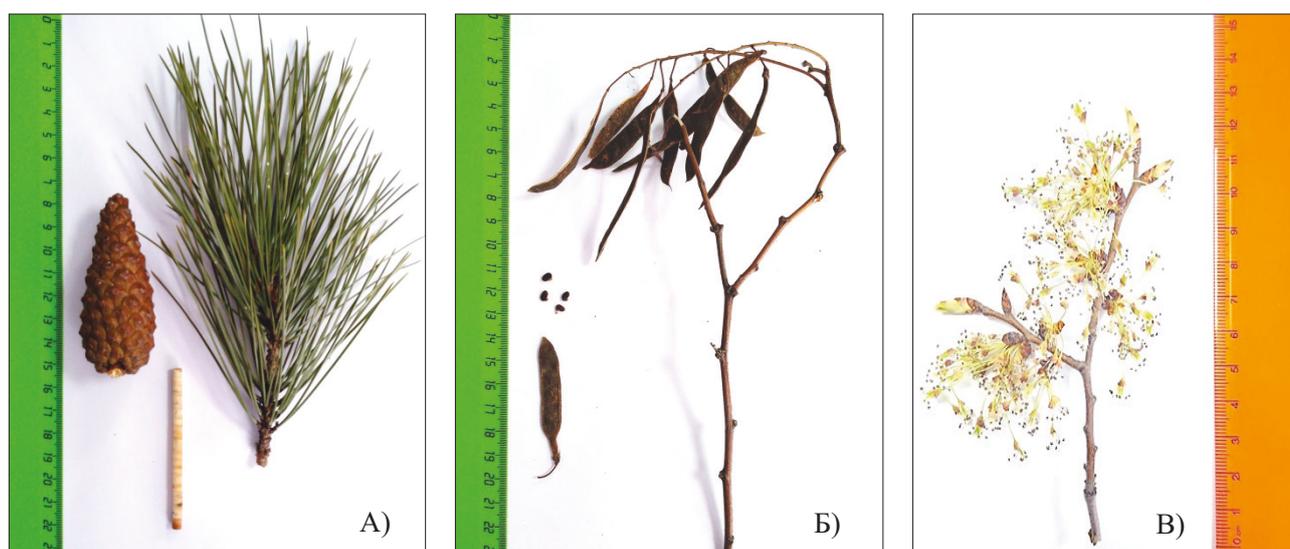


Рисунок 2. Репродуктивные показатели сосны крымской (А), робинии псевдоакации (Б) и вяза гладкого (Б)

Обследование уникального объекта (Новоаннинское лесничество) выявило, что общее состояние всех семеноводческих объектов очень хорошее (по росту и жизнеспособности). Слабым плодоношением отличался дуб черешчатый в 2023 году, что обусловлено появлением вредителей – яблочновидной орехотворки (*Diplolepis quercusfolli* L.), ввиду чего рекомендован сбор растительных остатков, а также обработка насаждений препаратами Фитоверм и Фуфанон.

Сравнительный анализ разных вариантов (структур) лесосеменных плантаций в лесничестве выявил, что в возрасте более 35 лет ЛСП (лесосеменная плантация) имеет хорошее состояние, а произрастающие там древесные породы – хороший рост и развитие (рис. 3, 4). В узких междура-

дьях растения сомкнулись уже в 15 лет, широкие междурадя позволяют производить культивацию до 20 лет, однако обработка в последние годы не проводится.

Участок расположен на надпойменной террасе р. Бузулук, в связи с чем грунтовые воды стали доступными для 35-летних маточных деревьев. Средние показатели роста деревьев в 35 лет составили по высоте 8,2 м, диаметру стволов 20,5 см, проекция крон 30 м². Наблюдения за репродукционной способностью клонов в г. Волгограде показали, что потенциальная возможность завязывания плодов довольно велика, однако вопрос реального производства качественных семян не решён. Необходимо детально изучать причины низкой урожайности и разработать комплекс мер на её стабилизацию (табл. 4).

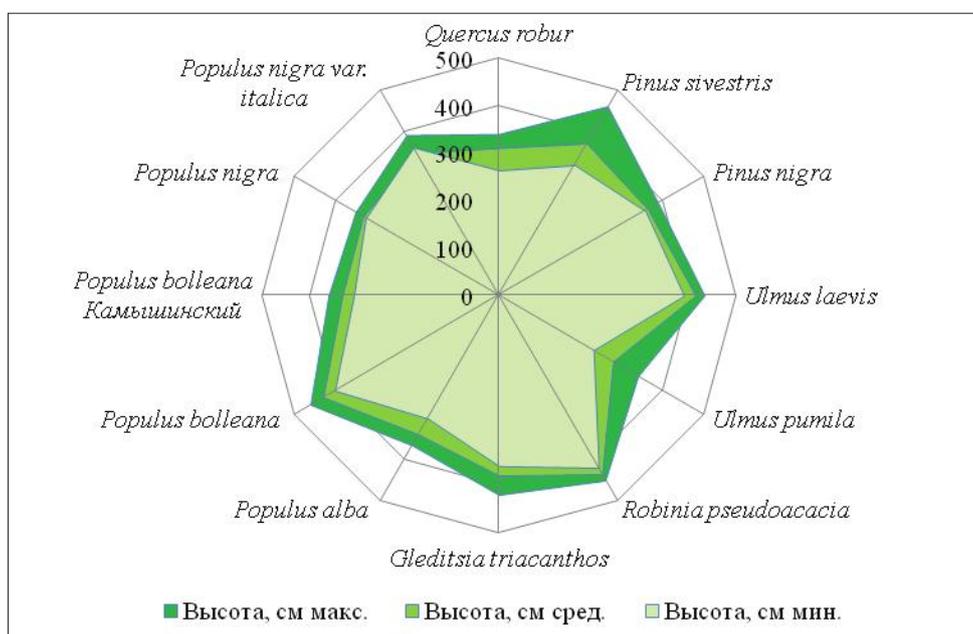


Рисунок 3. Показатели высоты у древесных пород Новоаннинского лесничества

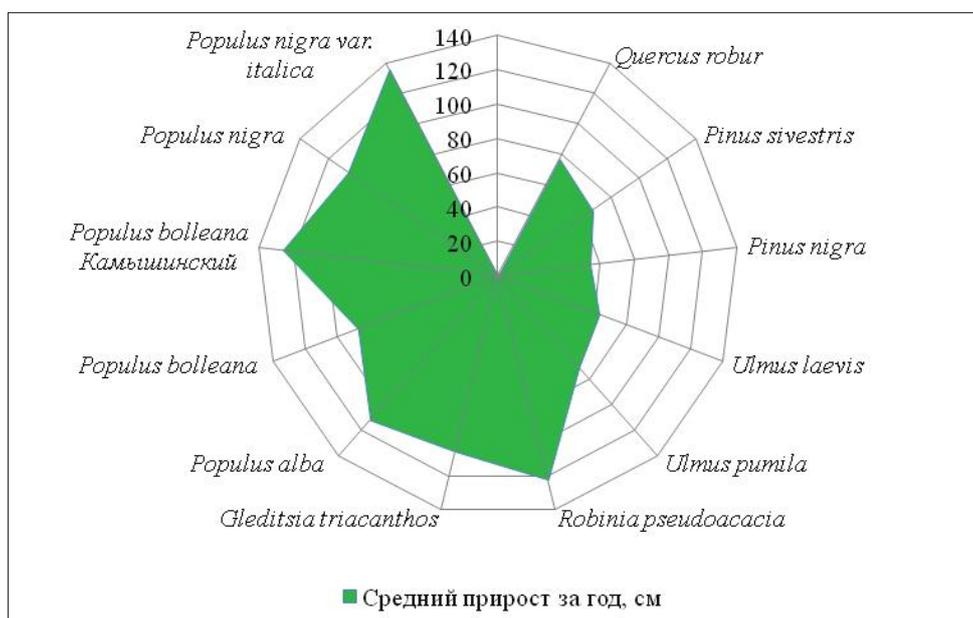


Рисунок 4. Показатели годовых приростов древесных пород Новоаннинского лесничества

Таблица 4. Потенциальная и фактическая урожайность *Quercus robur* L. (средняя за 2022-2023 гг.), кг

№ дерева	Урожайность	Опад завязей	Потенциальная урожайность	Опад желудей (вредители)	Опад желудей (иные причины)	Фактическая урожайность	
27	шт.	19600	16540	36140	8912	4508	5230
	%	51,3	48,7	100	49,0	23,5	27,5
26	шт.	6678	14946	21624	4346	2014	318
	%	30,9	69,1	100	65,0	30,2	4,8
30	шт.	3888	7341	11229	2835	891	162
	%	34,6	65,4	100	72,9	22,9	4,2

Фактический урожай желудей при низкой урожайности (2-3 балла) в 2022-2023 гг. составил 4,2-4,8 % (деревья № 30 и 26). У дерева № 27 урожайность была самая высокая – 5 баллов. Фактический урожай на этом дереве значительно повысился и составил 27,5 %. Увеличение фактического урожая произошло в основном за счёт снижения опада желудей, повреждённых насекомыми. У дерева № 26 и № 30 этот показатель составил 65,0 и 72,9 %, тогда как № 27 – 49 %. В 2020-2023 гг. были продолжены наблюдения за цветением и плодоношением робинии мачтовой и морозоустойчивой форм в архиве популяций и клонов Кировского ССК (табл. 5). В 2023 году были проведены исследования водного режима робинии и дуба черешчатого на вариантах с обработкой физиологически активными веществами, стимулирующими рост и плодоношение растений (Гумистим, Гера-хлорелла, Биостим старт). Так как нет специальных рекомендаций для лесных древесных видов по срокам обработок и дозировкам препаратов, обработки проводились в критические периоды развития и формирования генеративных органов. В течение летнего периода определялись показатели водного режима в те же сроки, что и на вариантах с удобрениями.

Таблица 5. Средние показатели цветения и плодоношения *Robinia pseudoacacia*

Наименование	Формы	
	Типичная	Мачтовая
Цветение (начало)	11.V	17.V
∑ эффективных температур, °C	382,4	513,2
Первые плоды	24.V	6.VI
Сумма эффективных температур, °C	543,0	810,4
Цветение (окончание)	13. VI	20.VI
∑ эффективных температур, °C	710,5	738,5
Интенсивность цветения, балл	4,0	3,5
Интенсивность плодоношения, балл	3,5	2,7

Как видно из таблицы 6, в благоприятных условиях, сложившихся в начале лета, расход воды на транспирацию самый большой у робинии мачтовой формы на варианте с препаратом «Гера-хлорелла» – 663,1 мг/г/ч, что на 43,3 % больше, чем на контроле. На вариантах с «Биостимом» и «Гумистимом» интенсивность транспирации по сравнению с контролем была меньше на 53,7 и 35,4 мг/г/ч (табл. 6).

Таблица 6. Влияние удобрений на водный режим робинии и дуба черешчатого

Вариант опыта	Интенсивность транспирации, мг/г/ч	Оводнённость, % на сырой вес	Водоудерживающая способность, % удержанной воды	Соотношение удержанной и потерянной воды
Робиния мачтовой формы				
Гумистим	627,7	59,9	40,9	0,69
Гера-хлорелла	663,1	58,8	41,3	0,70
Биостим старт	609,4	57,9	40,1	0,67
Контроль	514,2	57,6	42,3	0,73
Робиния морозоустойчивой формы				
Гумистим	439,0	56,8	52,1	1,09
Гера-хлорелла	464,0	57,1	50,9	1,04
Биостим старт	384,6	57,6	52,5	1,11
Контроль	362,0	56,5	54,1	1,18
Дуб черешчатый				
Гумистим	421,3	51,9	49,6	0,98
Гера-хлорелла	530,8	52,4	47,7	0,91
Биостим старт	485,6	51,1	47,9	0,92
Контроль	396,0	52,1	47,5	0,90

У робинии морозоустойчивой формы интенсивность транспирации на контрольном варианте в 1,7 раза меньше, чем у робинии мачтовой формы. И хотя на опытных вариантах у робинии морозоустойчивой потери воды были больше, чем на контроле – они были в целом меньше по сравнению с соответствующими вариантами робинии мачтовой формы. Так, на варианте с «Гера-хлорелла» транспирационные потери составили 464,0 мг/г/ч, что на 35 % больше, чем на контроле. На вариантах с «Гумистимом» и «Биостимом» интенсивность транспирации увеличилась соответственно на 15 и 22 %. Оводнённость тканей листа на опытных вариантах и контроле у робинии мачтовой формы была около 60 %, робинии морозоустойчивой – 56-58 %. На опытных вариантах при 4-часовом подсушивании удерживалось до 40-41 % воды, на контроле – 42 %. У робинии морозоустойчивой чётких различий между вариантами и контролем по этому показателю не выявлено.

У дуба черешчатого наибольшая интенсивность транспирации в июне была на варианте с «Гера хлорелла» – 530,8 мг/г/ч, что на 51 % больше, чем на контроле. В варианте с «Биостимом» эта разница составила 24 %, «Гумистимом» – 15,5 %. По оводнённости различий между опытными вариантами и контролем не было. Водоудерживающая способность была несколько выше на вариантах с «Гумистимом» – 49,6 % и «Биостимом» – 47,9 % по сравнению с контролем.

На вариантах со стимуляторами роста была отмечена активизация транспирационных расходов, что положительно сказалось на поглощении и передвижении минеральных веществ из корней к надземным органам. Это способствовало усилению обменных процессов, интенсификации фотосинтеза и, как следствие, усилению вегетативного роста и плодоношения изучаемых растений.

Фенотипический отбор не всегда гарантирует получение генетически надёжного селекционного материала. Поэтому очень важным этапом в последующей селекционной работе является оценка

потомств по хозяйственно-ценным признакам, необходимым для создания биологически устойчивого поколения в ЗЛН засушливых экстремальных условий.

Наиболее удачным будет размещение в лесных насаждениях пород, обладающих хорошей морозостойкостью, засухоустойчивостью, солеустойчивостью. В одном и том же географическом районе и на одном и том же типе почв они имеют большую продолжительность жизни, лучший рост и повышенную устойчивость к неблагоприятным явлениям. Лучшими показателями устойчивости характеризовались вязы, дуб, тополь Болле. Робиния и гледичия обладают высокой засухо- и солеустойчивостью, но балл морозостойкости у данных пород ниже (табл. 7).

Робиния обладает раскидистой и ажурной формой кроны, способна к быстрой акклиматизации, растет на различных типах почва, переносит засоление, сухость почвы, воздуха, высокие температуры, является хорошим медоносом, обладает высокой фитонцидной активностью. У вязов форма кроны раскидистая, плотная, у некоторых форм шатровидная. Это очень морозоустойчивые, быстрорастущие виды, нетребовательные к почвам. Дубы отличаются медленным ростом, средней требовательностью к почвенным условиям, но могут расти на супесях и свежих суглинках, солевых, засоленных, засухоустойчивые виды, обладающие высокой фитонцидностью. Сосны могут расти в различных экологических условиях, вследствие этого отличаются большой изменчивостью, имеют широкую округлую форму кроны, умеренный рост, высокую фитонцидную активность и засухоустойчивость. Тополь и его разновидности по форме кроны различаются – от округлой до узкоовальной и пирамидальной, относятся к быстрорастущим видам, требовательны к увлажнению почвы, светолюбивы, морозоустойчивы, солеустойчивы, на основании чего можно рекомендовать их использование в различных почвенно-климатических условиях (табл. 8).

Таблица 7. Общая балловая оценка исследуемых древесных пород

Порода	Балл		
	Морозостойкость	Засухоустойчивость	Солеустойчивость
<i>Quercus robur</i>	4	5	4
<i>Pinus sibirica</i>	5	3	3
<i>Pinus nigra</i>	4	4	3
<i>Ulmus laevis</i>	5	5	5
<i>Ulmus pumila</i>	5	5	5
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	5	4
<i>Gleditsia triacanthos</i>	3	5	4
<i>Populus alba</i>	4	3	3
<i>Populus bolleana</i>	3	3	3
<i>Populus bolleana</i> Камышинский	4	4	4
<i>Populus nigra</i>	4	3	3
<i>Populus nigra var. italica</i>	3	3	3

Таблица 8. Возможность использования древесных пород в разных почвенно-климатических условиях

Порода	Почвенно-климатические условия*		
	1	2	3
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	+	+	+
<i>Ulmus pumila</i> L.		+	
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.			+
<i>Quercus robur</i> L.	+	+	+
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	+		
<i>Pinus silvestris</i> L.	+	+	
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe.			+
<i>Populus alba</i> L.	+	+	+
<i>Populus bolleana</i> Louche.	+		
<i>Populus bolleana</i> Louche. Камышинский	+		
<i>Populus nigra</i> L.	+	+	+
<i>Populus nigra var. italica</i> Münchh.	+		+

*Примечание: 1 – Темно-каштановые и каштановые почвы, сумма осадков 300-400 мм, годовой показатель увлажнения 0,33-0,44, безморозный период 174-182 дня, средняя температура января –5-11 °С; 2 – Темно-каштановые и каштановые почвы с повышенной гумусностью, сумма осадков 230-350 мм, годовой показатель увлажнения 0,33-0,50, безморозный период 151-160 дней, средняя температура января –10-15 °С; 3 – Светло-каштановые и бурые почвы, солонцовые комплексы, песчаные массивы и пятна солончаков, сумма осадков 125-300 мм, годовой показатель увлажнения 0,12-0,33, безморозный период 160-190 дней, средняя температура января –5-15 °С;



Рисунок 5. Схема улучшения состава лесных насаждений путем подбора древесных пород по хозяйственно-ценным признакам

Дополнительными хозяйственно-ценными для древесных пород признаками при отборе для селекционных и лесомелиоративных целей являются также форма ствола, ажурность и др. Общая схема улучшения состава лесных насаждений в местных и инорайонных популяциях показана на рисунке 5.

Выводы.

1. Изучение динамики роста, зимо-, засухо- и солеустойчивости, цветения и плодоношения древесных пород и характеристика насаждений по этим признакам имеет большое научное и практи-

ческое значение для селекции в связи с возможностью регулирования этих процессов при формировании постоянной лесосеменной базы.

2. Урожайность пород, периодичность плодоношения обуславливаются, во-первых, особыми биологическими свойствами дерева, во-вторых, внешними абиотическими факторами, ограничивающими развитие именно тех биологических особенностей растительного организма, которые определяют процессы плодоношения.

3. Репродуктивный процесс у растений генетически обусловлен, но в отдельные годы под влия-

нием погодных условий отдельные его фазы могут смещаться или даже блокироваться. Интерес к этой проблеме обусловлен перспективами, которые могут открыться в селекционной работе и практике лесосеменного дела по мере разработки методов стимуляции семеношения и улучшения питательного режима почвы на семенных плантациях. В результате опыта с биостимуляторами роста сложившихся в начале лета, расход воды на транспирацию самый большой у робинии мачтовой формы на варианте с препаратом «Гера-хло-релла»–663,1 мг/г/ч, что на 43,3% больше, чем на контроле. На вариантах с «Биостимом» и «Гумистимом» интенсивность транспирации по сравнению с контролем была меньше на 53,7 и 35,4 мг/г/ч. В результате были выявлены наиболее засухоустойчивые породы – дуб и робиния.

4. Требования к почвенно-климатическим условиям, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, а это характерно таким деревьям, как вяз гладкий (*Ulmus laevis*), дуб черешчатый (*Quercus robur*) и тополь чёрный пирамидальный (*Populus nigra*), позволили рекомендовать изучаемые древесные породы к использованию в различных районах засушливого региона.

Литература:

1. Беляев А. И., Крючков С. Н., Пугачёва А. М. [и др.]. Селекционный фонд древесно-кустарниковых видов для лесомелиоративных комплексов и озеленения в засушливых условиях (научно-методические рекомендации). – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2023. 48 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/12/rekom-obed.-kryuchkov.pdf>

2. Жукова О. И., Семенютина В. А., Петров В. И. Изучение изменчивости сезонного развития и роста древесных растений с целью отбора формового разнообразия для озеленения населенных пунктов // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2016. Т. 6. № 7-2. С. 84-90. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_39196142_75859963.pdf

3. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве: ин-

форм. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 508 с. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/e8f/uyvv929ptw08ef6fsmufq6c2jtpqliqib.pdf>

4. Минькач Т. В. Основы селекции и семеноводства: практикум для обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2020. 101 с. Режим доступа: http://irbis.dalgau.ru/DigitalLibrary/UMM_vo/547.pdf

5. Научно-методические указания по сортовому семеноводству деревьев и кустарников для лесомелиорации аридных территорий: научно-методические рекомендации. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2022. 52 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54521297_28975808.pdf

6. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 года. – Волгоград: ВНИ-АЛМИ, 2018. 35 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/strategiya-razvitiya-zlr18-2.pdf>

7. Федулов Ю. П. Методы определения устойчивости растений: курс лекций. – Краснодар: КубГАУ, 2015. 39 с. Режим доступа: <https://kubsau.ru/upload/iblock/6e3/6e3900d4cae6cef0c939d8b827854de.pdf>

8. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. et al. Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. Article number 012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056 Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/579/1/012056>

9. Hilbert D. R., Koeser A. K., Roman L. A. et al. Selecting and Assessing Underutilized Trees for Diverse Urban Forests: A Participatory Research Approach. Frontiers in Ecology and Evolution. 2022. Vol. 10. Article number 759693. DOI: 10.3389/fevo.2022.759693 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/358290781_Selecting_and_Assessing_Underutilized_Trees_for_Diverse_Urban_Forests_A_Participatory_Research_Approach

10. Yáñez M. A., Zamudio F., Espinosa C. et al. Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools. New Forests. 2020. DOI: 10.1007/s11056-020-09799-x Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/344328849_Assessing_wood_properties_on_hybrid_poplars_using_rapid_phenotyping_tools

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15

Selection of Breeding-Significant Features of Tree Species for Agroforestry and Protective Afforestation

Sergei N. Kryuchkov, Dr. Sci (Agr.), Chief Researcher, ORCID 0000-0001-8338-6460,

Andrey V. Solonkin, Dr. Sci (Agr.), Head of Breeding and seed center for tree and shrub species, ORCID 0000-0002-1576-7824,

Aleksandra S. Solomentseva , e-mail: alexis2425@mail.ru, Cand. Sci (Agr.), Senior Researcher, ORCID 0000-0002-5857-1004,

Sergei A. Egorov, Junior Researcher, post-graduate, ORCID 0000-0001-8234-7355,

Almagul K. Romanenko, Junior Researcher, post-graduate, ORCID 0000-0002-6705-6135,

Daria A. Gorbushova, Laboratory Researcher, ORCID 0009-0006-4978-4143

«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt 97, Volgograd, Russia

Abstract. The main tree species attitude to the main adverse environmental factors (frost, drought, soil

salinization, etc.) reflects their biological properties. Knowledge of their features complex is especially

important in regions with unfavorable climatic conditions. It can help in the correct selection of the species composition necessary for plantations when they are created. The selection of the main signs of tree species resistance to natural and climatic factors when creating plantings was the main purpose of the research. The article presents the following study results of following tree species: *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus pumila* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus silvestris* L., *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe., *Populus alba* L., *Populus bolleana* Louche., *Populus bolleana* Louche. Kamyshinsky, *Populus nigra* L., *Populus nigra var. italica* Münchh., *Quercus macrocarpa* Michx., *Pinus sylvestris* L., *Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson, *Gleditsia triacanthos* L. F. thornless in the archive of populations and plantings of the breeding and seed complex of Kirovskiy district, Volgograd, Novoanninskaya forestry and Kamyshin. It has been established that the main valuable features in the selection are drought resistance, frost resistance, growth rate, biometric indicators, renewal ability, salt resistance. For the first time, the difference in the reaction of robinia and oak plants to the use of physiologically active substances (Humistim, Hera-chlorella, Biostim start) that stimulate plant growth and fruiting was revealed in the study of their drought resistance and transpiration intensity. Data on the fruiting frequency, which is due to the biological properties of tree species, as well as the weather conditions of the growing region, pests and diseases presence identification during the research period were obtained. Recommendations on the studied tree species in various soil and climatic conditions using possibility are given.

Keywords: seed plantations, growth, development, drought resistance, frost resistance, protective afforestation, plus trees

Funding. The work was carried out within the framework of task No. 122020100448-6 «Creation of new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, woody and shrubby plants with high productivity, quality and increased resistance to adverse environmental factors. New innovative technologies in seed production and nursery taking into account varietal characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation».

Citation. Kryuchkov S. N., Solonkin A. V., Solomentseva A. S., Egorov S. A., Romanenko A. K., Gorbushova D. A. Selection of Breeding-Significant Features of Tree Species for Agroforestry and Protective Afforestation *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):06-15. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15

Received: 15.04.2024

Accepted: 30.05.2024

References:

1. Belyaev A. I., Kryuchkov S. N., Pugachyova A. M. Breeding fund of tree and shrub species for forest reclamation complexes and greening in arid conditions (scientific and methodological recommendations). Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house. 2023. 48 p. (In Russ.)
2. Zhukova O. I., Semenyutina V. A., Petrov V. I. Studying the variability of seasonal development and growth of woody plants in order to select the species and variety diversity for settlements greening. *Nauka. Mysl': web periodical*. 2016;6(7-2):84-90. (In Russ.)
3. Methodological guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, pheromones, molluscicides and rodenticides in crop production: inform. ed. Moscow. Rosinformagrotech Publ. house. 2022. 508 p. (In Russ.) Access mode: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/e8f/uyvv929ptw08ef6fsmufq6c2jtpliqi6.pdf>
4. Minkach T. V. Fundamentals of breeding and seed production: a workshop for students in the field of 35.03.04 Agronomy studying. Blagoveshchensk. Publishing House of the FSBEI HE Far Eastern SAU. 2020. 101 p. (In Russ.)
5. Scientific and methodological guidelines on trees and shrubs varietal seed production for forest reclamation of arid territories: scientific and methodological recommendations. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house. 2022. 52 p. (In Russ.)
6. The strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation until 2030. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2018. 35 p. (In Russ.)
7. Fedulov Yu. P. Plant resistance determining methods: a course of lectures. Krasnodar. FSBEI HE Kuban SAU Publ. house. 2015. 39 p. (In Russ.)
8. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. et al. Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow. 2020. Article number 012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056
9. Hilbert D. R., Koeser A. K., Roman L. A. et al. Selecting and Assessing Underutilized Trees for Diverse Urban Forests: A Participatory Research Approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 10. Article number 759693. DOI: 10.3389/fevo.2022.759693 Access mode: https://www.researchgate.net/publication/358290781_Selecting_and_Assessing_Underutilized_Trees_for_Diverse_Urban_Forests_A_Participatory_Research_Approach
10. Yáñez M. A., Zamudio F., Espinosa C. et al. Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools. *New Forests*. 2020. DOI: 10.1007/s11056-020-09799-x Access mode: https://www.researchgate.net/publication/344328849_Assessing_wood_properties_on_hybrid_poplars_using_rapid_phenotyping_tools

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 630.519

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.002.16-21

Редукционные числа и прирост по диаметру сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях г. Майкопа

Светлана Герсановна Биганова, канд с.-х. наук, доцент,
ORCID: 0000-0002-0581-3612

Юрий Иванович Сухоруких✉, e-mail: drsuchor@rambler.ru, д.с.-х.н., профессор,
ORCID: 0000-0001-5073-6102

Любовь Андреевна Колесова, магистрант,
Екатерина Олеговна Кияшкина, аспирант

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
e-mail: info@mkgtu.ru, 385000, ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, Россия

Аннотация. Изучение закономерности изменения редукционных чисел диаметров ствола, ширины годичных колец у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) позволяет решать хозяйственные и научные задачи. Целью исследований являлось установление значений редукционных чисел и ширины годичных колец в период роста у сосны обыкновенной в искусственном лесном массиве на окраине г. Майкопа Республики Адыгея. Подобные исследования для вида проводятся впервые в регионе. Изучалось 100 особей вида. Таксационные показатели определялись общепринятыми методами. Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Stadia 8.0 для Windows, графическое построение – программа Excel. Редукционные числа определялись по методике Шиффеля и вновь вычисленным моделям. Редукционные числа, определенные по методике Шиффеля, не имели статистического отличия от классических ($F = 0,0119$, значимость = 0,989) и изменялись параллельно (Т-параллельность = 0,504, значимость = 0,6255). Также между ними наблюдалась высокая статистическая связь ($r = 0,9882$, значимость = 4,558E-6.). Для отдельных рангов отличия были существенными (ранг 0 – 22,66, ранг 20 – 6,49, ранг 30 – 5,34, ранг 100 – 5,64 %). На основе вычисленных моделей определены новые значения редукционных чисел диаметров в изучаемых условиях. Величина годичных колец у сосны в условиях г. Майкопа имела тенденцию к уменьшению с возрастом. Она адекватно аппроксимировалась экспоненциальной функцией ($R^2 = 0,83$). Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по формированию насаждений вида и оценке воздействия внешних условий на древесную растительность.

Ключевые слова: лесные насаждения, годичные кольца, высота деревьев, бонитет, статистическое распределение, корреляция.

Финансирование. Работа выполнена в рамках тематики ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» «Мониторинг состояния и разработка инженерно-биологических сооружений для предотвращения деградации окружающей среды» Рег. № АААА-А20-120122590046-8.

Цитирование. Биганова С. Г., Сухоруких Ю. И., Колесова Л. А., Кияшкина Е. О. Редукционные числа и прирост по диаметру сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях г. Майкопа // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 16-21. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.002.16-21

Поступила в редакцию: 29.04.2024

Принята к печати: 07.06.2024

Введение. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является одной из главных лесообразующих пород в Российской Федерации и распространена в различных климатических зонах [11]. В благоприятных условиях она достигает до 40 м высоты и более 1 м в диаметре ствола. Этот вид характеризуется многогранной хозяйственной ценностью [1; 7], широко выращивается в лесном и лесопарковом хозяйстве [5; 9], имеет значительное формовое разнообразие [6; 20]. Благодаря произрастанию в различных зонах растение с успехом используется для индикации изменения окружающей среды [3; 14; 18].

Одним из важных показателей, характеризующих лесные насаждения являются редукционные числа диаметров [4; 10; 21]. Определяются они из соотношения диаметра конкретного дерева к среднему в насаждении (Анучин Н. П. Лесная таксация.

М.: Лесная промышленность. 1971. 512 с.). Они широко применяются в лесоводственной практике и научных исследованиях. Так, их использование позволяет определить световую потребность и дифференциацию древесной растительности в лесопарках и городских лесах, принимать решения по формированию лесных участков рубками ухода [2], оценить структурно-функциональную организацию молодняков сосны [4; 10], выявить строе и форму насаждений [13; 19]. Это показатель имеет сходный процесс изменения от ранга дерева для различных пород, однако в зависимости от конкретных условий возможна их трансформация, и это требует уточнения [4; 10].

Учитывая значительное распространение сосны обыкновенной, она широко применяется в различных климатических исследованиях [17; 18].

Одним из основных параметров является изучение изменения ширины годовых колец по диаметру ствола [9; 12]. При этом наблюдаются как общие тенденции, так и региональные особенности изменения этих показателей [15; 18; 21].

Рассматриваемые значимые для науки и практики параметры лесных растений – редуциционные числа и ширина годовых колец диаметров деревьев сосны обыкновенной – для условий г. Майкопа к настоящему времени не изучены и требуют приведения в известность.

Цель исследования – выявить значения редуциционных чисел и изменение ширины годовых колец ствола с периодом роста у сосны обыкновенной в условиях г. Майкопа.

Для решения поставленной цели решались задачи, связанные с проведением сплошного перечета деревьев, измерением годовых колец, созданием статистических моделей.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлся искусственно созданный массив сосны обыкновенной, произрастающей на территории дачного товарищества «Дружба» г. Майкопа. Координаты произрастания: С 44° 35' 19,52; В 40° 03' 31,23, высота над уровнем моря 202 м. Насаждение 1а бонитета площадью около 1,5 га находится на второй надпойменной террасе реки Белой. Почвы – лугово-черноземные выщелоченные [8].

Всего изучено 100 растений в центральной части участка. Диаметр ствола на высоте 1,3 м устанавливали по значениям длины окружности с использованием выражения $D = C/\pi$. Возраст насаждения определяли путем подсчета годовых колец на срезанном пне. Ширина годовых колец вычислялась как среднее от суммы измерений, произведенных в двух противоположных направлениях штангенциркулем. Редуциционные числа вычисляли по методу Шиффеля (Анучин Н. П. *Лесная таксация. М.: Лесная промышленность. 1971. 512 с.*) и методом усреднённых данных для групп рангов [13]. Обработку полевых материалов осуществляли с использованием программы Microsoft Excel и STADIA8.0 для Windows известными методами (Кулаичев А. П. *Методы и средства комплексного анализа данных: учебное пособие. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Форум; ИНФРА-М; 2006. 512 с.; Шмойлова Р. А. и др. Теория статистики: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика; 2004. 656 с.*).

Результаты исследования и их обсуждение.

Распределение растений сосны обыкновенной по диаметру на изучаемом участке представлено на рисунке 1. Данные показывают, что графическое распределение значений по диаметру близко к нормальному.

Результаты статистической оценки показателя приведены в таблице 1.

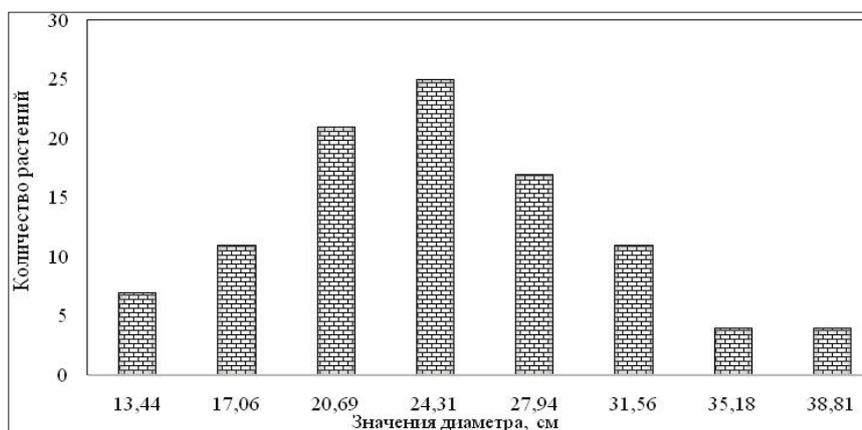


Рисунок 1. Распределение деревьев сосны обыкновенной по диаметру

Таблица 1. Статистические показатели диаметра сосны обыкновенной

Статистические показатели	Значения
Среднее	29,86+0,67
Медиана	30,00
Мода	30,89
Коэффициент вариации	22,51
Экссесс	0,89
Асимметричность	0,47
Минимум	13,44
Максимум	49,68

Согласно таблице 1, точность опыта составила 2,24 %, среднее, медиана и мода, близки по значениям, что также указывает на возможное нормаль-

ное статистическое распределение стволов по диаметру на изучаемом объекте. Предположения, сделанные на основе рисунка 1 и таблицы 1, подтверждаются оценкой распределения с использованием статистических показателей (Колмогоров = 0,0786, значимость = 0,1565, степ. своб. = 100. Гипотеза 0: Распределение не отличается от нормального. Омега-квадрат = 0,06177, Значимость = 0,3685, степ. своб. = 100. Гипотеза 0: Распределение не отличается от нормального. Хи-квадрат = 9,674, значимость = 0,1391, степ. своб. = 6. Гипотеза 0: Распределение не отличается от нормального.

Значения редуциционных чисел диаметров сосны обыкновенной, вычисленные по методике Шиффеля, и их отличия от табличных представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения и отличия (%) редукционных чисел сосны обыкновенной, вычисленных различными методами

Методы	Значения редукционных чисел для рангов дерева										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Фактические по Шиффелю	0,450	0,709	0,824	0,885	0,939	1,003	1,045	1,077	1,173	1,261	1,664
Табличные по Шиффелю	0,550	0,690	0,770	0,840	0,890	0,950	1,010	1,080	1,170	1,280	1,570
Отличия фактических от табличных по Шиффелю	22,86	-2,72	-6,49	-5,34	-4,86	-4,95	-3,37	0,25	-0,28	1,53	-5,64
Модель 1	0,453	0,686	0,833	0,916	0,958	0,981	1,009	1,064	1,168	1,346	1,619
Модель 2	0,532	0,706	0,824	0,899	0,948	0,986	1,026	1,086	1,179	1,321	1,526
Модель 3	0,493	0,696	0,828	0,908	0,953	0,983	1,018	1,075	1,174	1,333	1,573

Из результатов таблице 2 следует, что при сравнении вычисленных редукционных чисел с табличными по Шиффелю они изменяются параллельно (Т-параллельность = 0,504, значимость = 0,6255, Гипотеза 0: Нет различий между коэффициентами наклона). Также между сравниваемыми редукционными числами выявлена высокая статистическая связь ($r = 0,9882$, значимость = $4,558E-6$). Дисперсионный анализ не выявил отличий между редукционными числами для сравниваемых объектов ($F = 0,0119$, значимость = 0,989). Результаты, полученные при использовании различных методов статистического анализа, указывают на подобие процессов изменения редукционных чисел диаметров сосны в условиях г. Майкопа с лесными условиями в других регионах для других пород. Однако для некоторых рангов отличия превышают допустимый для научного заключения предел свыше 5 %, (0 – 22,86, 20 – 6,49, 30 – 5,45, 100 – 5,64 %). Это требует корректировки значений редукционных чисел для конкретных условий. В этом случае использовали метод моделирования (Шмойлова Р.А. и др. Теория статистики: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика; 2004. 656 с.). Модель, созданная на основе метода Шиффеля имеет вид

$$Y = 3,794E-6 \cdot x^3 - 0,0005472 \cdot x^2 + 0,02844 \cdot x + 0,4528. R^2 = 0,9866. \quad (1)$$

где, Y – значение редукционного числа, x – ранг дерева.

Метод Шиффеля предполагает использование значений отдельных особей, что может приводить к ошибкам. Более точное вычисление редукционных чисел возможно с использованием среднего внутри групп рангов [13]. Вычисленные на этой основе редукционные числа использованы для создания следующей модели изменения редукционных чисел диаметров от ранга дерева

$$Y = 2,51E-6 \cdot x^3 - 0,000359 \cdot x^2 + 0,02074 \cdot x + 0,5323. R^2 = 0,995. \quad (2)$$

Сравнение регрессий 1, 2 указало на параллельность процессов (Т-параллельность = 0,683, значимость = 0,5097), высокую связь между значениями ($r = 0,9967$, $t_{\text{факт}} = 36,92$, $t_{0,01} = 4,78$) и отсутствия между ними статистического различия ($t_{\text{факт}} = 0,01$, $t_{0,01} = 3,82$).

Это дает основание использовать среднее между ними и на этой основе создать новую модель 3 на принципах мультимоделирования [16] (рис. 2).

На основе модели 3 вычислены уточненные редукционные числа для диаметров сосны обыкновенной для изучаемых условий (табл. 2).

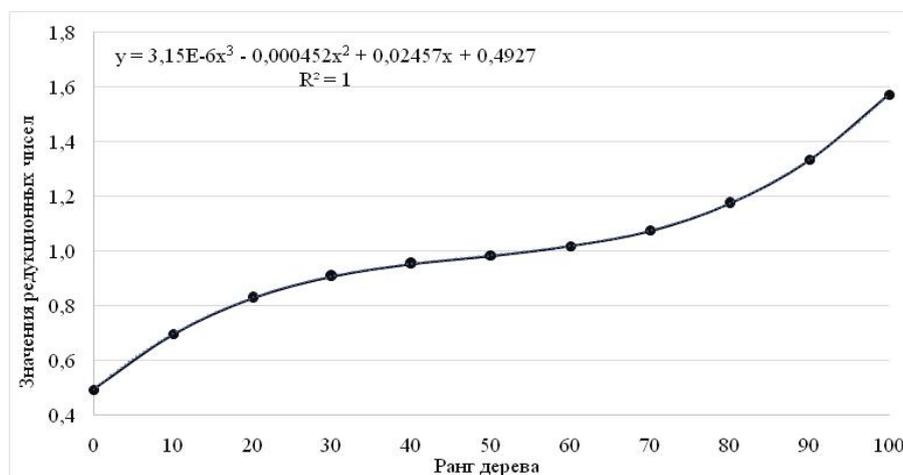


Рисунок 2. Модель 3. Изменение редукционных чисел диаметра стволов сосны обыкновенной, произрастающей в г. Майкопе

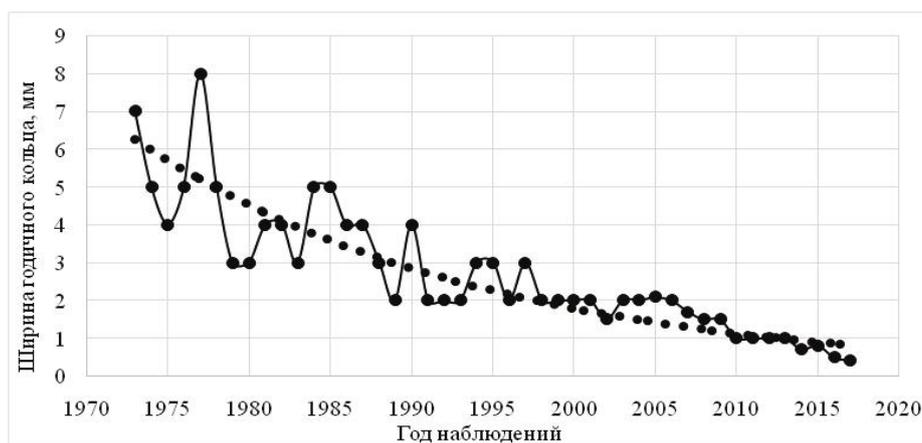


Рисунок 3. Изменение ширины годичного кольца по диаметру ствола сосны обыкновенной в изучаемый период для условий г. Майкопа

Изменение ширины годичных колец сосны обыкновенной, произрастающей на второй пойменной террасе реки Белой, представлено на рисунке 3. Как следует из рисунка, с возрастом наблюдается снижение ширины годичных колец. Это снижение для изучаемых условий аппроксимируется функцией вида

$$Y = 7,8914e^{-0,046x} \quad R^2 = 0,83 \quad (3)$$

где, x – годы, Y – годовой прирост по диаметру, мм.

Подобное изменение выявлено для сосны и других авторов, например, в Воронежской области [9], что указывает на сходность процессов формирования приростов по диаметру в различных условиях.

Заключение.

1. Распределение диаметров ствола сосны обыкновенной в условиях г. Майкопа подчиняется закону нормального распределения.

2. Редукционные числа диаметра стволов сосны обыкновенной в изучаемом регионе характеризуются параллельным изменением и тесной корреляционной связью с редукционными числами, вычисленными для лесного массива другими авторами.

3. Создана адекватная модель изменения значений редукционных чисел от ранга деревьев и вычислены их региональные значения для диаметров сосны обыкновенной.

4. У сосны обыкновенной в условиях г. Майкопа с возрастом наблюдается снижение ширины годичных колец по диаметру, которое адекватно аппроксимируется экспоненциальной функцией.

Литература:

1. Высокский А. А., Исаков Ю. Н., Комарова О. В. Смолопродуктивность потомств сосны обыкновенной разных селекционных категорий // Лесоведение. 2022. № 5. С. 540-548. Режим доступа: <https://sciencejournals.ru/cgi/getPDF.pl?jid=lesved&year=2022&vol=2022&iss=5&file=LeSved2204010Vysotskii.pdf>

2. Галако В. А., Шавнин С. А., Власенко В. Э. и др. Особенности морфологической структуры сосновых древостоев пригородных насаждений г. Екатеринбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5(67). С. 88-90. EDN ZSMKDL

3. Давыдова Н. Д. Реакция сосны обыкновенной на неумеренные выбросы в атмосферу загрязняющих ве-

ществ // Географический вестник. 2021. № 1(56). С. 31-41. DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-31-41

4. Ермакова М. В. Формирование структурно-функциональной организации молодых сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) смешанного искусственно-естественного происхождения в условиях сосняков ягодникового и разнотравного Среднего Урала // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13. № 2(50). С. 43-58. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3>

5. Келько А. Ф., Дишук Н. Г., Торчик В. И. и др. Оценка фитопатологического состояния декоративных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) селекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. 2022. Т. 67. № 4. С. 351-358. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-4-351-358>

6. Коновалова А. Е., Коновалова М. Е., Пименов А. В. Особенности роста по диаметру красно- и желтопыльничковой форм сосны обыкновенной // Сибирский лесной журнал. 2020. № 3. С. 63-72. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42957489_98586556.pdf

7. Крайник В. В. суммарная антиоксидантная активность экстрактов хвои сосны сибирской и сосны обыкновенной // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2024. № 1(55). С. 72-82. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_64609487_84449899.pdf

8. Мамсиров Н. И. Оценка экологической устойчивости агроландшафтов г. Майкопа и Майкопского района Республики Адыгея. Новые технологии. 2022. 18(1). С. 129-140. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-1-129-140>

9. Михайлова М. И., Чернышов М. П. Текущая сохранность, напряженность роста и санитарное состояние деревьев сосны обыкновенной в приспевающих географических лесных культурах Воронежской области. Лесотехнический журнал. 2021; Т. 12 № 1 (45): 56-67. <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/49807/view#article-text>

10. Николаева И. О., Соловьев В. М. Системный способ оценки структуры хвойных молодняков для образования высокопроизводительных насаждений на примере среднего Урала // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 4(57). С. 80-87. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41648127_68717477.pdf

11. Сазонова Т. А., Болондинский В. К., Придача В. Б. Эколого-физиологическая характеристика сосны обыкновенной. Петрозаводск: Verso. 2011. 206 с. DOI:10.13140/RG.2.1.3057.6169

12. Семяняк Н. С., Соломина О. Н., Долгова Е. А., Мацковский В. В. Климатический сигнал в различных параметрах годичных колец сосны обыкновенной на Соловецком Архипелаге // Геоферные исследования. 2022. № 4. С. 149-164. <https://journals.tsu.ru/uploads/import/2284/files/4-149.pdf>

13. Стоноженко Л. В., Найденова Е. В., Роганова С. А. Исследование строения и формы насаждений // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 5. С. 205-214. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26674966_82696206.pdf

14. Янбаев Р. Ю., Бахтина С. Ю., Садыков А. Х., Редькина Н. Н. Климатический сигнал в радиальном приросте молодняка и деревьев сосны обыкновенной // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 3(67). С. 24-29. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54722846_64184243.pdf

15. Anchukaitis K. J., Wilson R., Briffa K. R., Büntgen U., Cook E. R., D'Arrigo R. Last millennium Northern Hemisphere summer temperatures from tree rings: Part II, spatially resolved reconstructions. *Quaternary Science Reviews*. 2017;163:1-22.

<https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.quascirev.2017.02.020>

16. Hudson D. W., Hodgson D. J., Cant M. A., Thompson F. J., Delahay R., McDonald R. A., & McKinley T. J. Importance sampling and Bayesian model comparison in ecology and

evolution. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023;14:2994-3006. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14237>

17. Leskinen P., Lindner M., Verkerk P. J., Nabuurs G. J., Van Brusselen J., Kulikova E., Hasegawa M., Lerink B. (eds.). Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us. *European Forest Institute*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.36333/wsctu11>

18. Liu Y., Zhongbao X., Li Z., Keyimu-Märdan Keyum M. Response of radial growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate factors in Bashang area of Hebei province. *Acta Ecologica Sinica*. 2022;42:1830-1840. DOI:10.5846/stxb20201027 2750.

19. Pasternak V. Peculiarities of the taxation structure of alder stands of the left-bank forest-steppe of Ukraine / V. Pasternak, S. Bugayov // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2016. No. 238. pp. 39-48. EDN XINDHZ

20. Pyhäjärvi T., Kujala S., Savolainen O. 275 years of forestry meets genomics in *Pinus sylvestris*. *Evolutionary Applications*. 2020;13(1). DOI:10.1111/eva.12809

21. Venäläinen A., Lehtonen I., Mikko L., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P., Peltola H. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology*. 2020;26(8):4178-4196. DOI:10.1111/gcb.15183

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.002.16-21

Reduction numbers and diameter increase of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Maykop city conditions

Svetlana G. Biganova, Cand. Sci. (Agr.), Associate Professor, ORCID: 0000-0002-0581-3612

Yuri I. Sukhorukikh , e-mail: drsuchor@rambler.ru, Dr. Sci. (Agr.), Professor, ORCID: 0000-0001-5073-6102

Lyubov A. Kolesova, Master Student

Ekaterina O. Kiyashkina, Post-Graduate

Maykop State Technological University, e-mail: info@mkgtu.ru,
385000, Pervomajskaya st., build. 191, Maykop city, Russia

Abstract. The study of the reduction numbers changes regularity of trunk diameters and the width of annual rings in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) makes it possible to solve economic and scientific problems. The aim of the research was to establish the values of reduction numbers and the width of annual rings during the growth period of Scots pine in an artificial forest on the Maikop city outskirts in the Republic of Adygea. Such studies for that species are being carried out for the first time in the region. 100 individuals of the species were studied. Taxation indicators were determined by generally accepted methods. Statistical data processing was performed using the Stadia 8.0 software for Windows, graphical data processing was performed using the Excel software. The reduction numbers were determined using the Schiffel method and newly calculated models. The reduction numbers determined by the Schiffel method had no statistical difference from the classical ones ($F = 0.0119$, significance = 0.989) and varied in parallel (T -parallelism = 0.504, significance = 0.6255). There was also a high statistical relationship between them ($r = 0.9882$, significance = $4.558E-6$). For individual ranks, the differences were significant (rank 0 – 22.66, rank 20 – 6.49, rank 30 – 5.34, rank 100 – 5.64 %). Based on

the calculated models, new reduction numbers values of diameters in the studied conditions are determined. The size of pine trees annual rings in the Maykop city conditions tended to decrease with age. It was adequately approximated by an exponential function ($R^2 = 0.83$). The results obtained can be used to develop recommendations for the pine plantings formation and to assess the impact of external conditions on woody vegetation.

Keywords: forest plantations, annual rings, tree height, bonitet, statistical distribution, correlation

Funding. The work was carried out within the framework of the Maykop State Technological University «Monitoring of the engineering and biological structures condition and development to prevent environmental degradation» topic. Reg. no. AAAAA-A20-120122590046-8.

Citation. Biganova S. G., Sukhorukikh Yu. I., Kolesova L. A., Kiyashkina E. O. Reduction Numbers and Diameter Increase of Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) in the Maykop City Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):16-21.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.002.16-21

Received: 29.04.2024

Accepted: 07.06.2024

References:

1. Vysotskij A. A., Isakov Yu. N., Komarova O. V. Resin productivity of scots pine offspring of different breeding categories. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2022;5:540-548. (In Russ.). Access mode: <https://sciencejournals.ru/cgi/getPDF.pl?jid=lesved&year=2022&vol=2022&iss=5&file=LesVed2204010Vysotskii.pdf>
2. Galako V. A., Shavnin S. A., Vlasenko V. E. [et al.] Features of the pine stands morphological structure in Yekaterinburg city suburban plantations. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;5(67):88-90. (In Russ.). EDN ZSMKDL
3. Davydova N. D. The reaction of Scots pine to pollutants excessive emissions into the atmosphere. *Geograficheskiy vestnik = Geographical Bulletin*. 2021;1(56):31-41. (In Russ.). DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-31-41
4. Ermakova M. V. The structural and functional organization formation in young scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations of mixed artificial and natural origin in the berry and mixed-grass pine forests of the Middle Urals conditions. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2023;13-2(50):43-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3>
5. Kel'ko A. F., Dishuk N. G., Torchik V. I. [et al.]. Assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) decorative forms selected by the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus phytopathological state. *Vesci Nacyânaŭnaj akadëmii navuk Belarusi. Seryâ biâlagiŭnyh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Biological Series*. 2022;67(4):351-358. (In Russ.). Access mode: <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-4-351-358>
6. Konovalova A. E., Konovalova M. E., Pimenov A. V. Features of growth in diameter of the red- and yellow-anther forms of Scots pine. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2020;3:63-72. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42957489_98586556.pdf
7. Krajnik V. V. Total antioxidant activity of Siberian pine and Scots pine needles extracts. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya = Vestnik TVGU. Series «Khimiya»*. 2024;1(55):72-82. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_64609487_84449899.pdf
8. Mamsirov N. I. Assessment of the environmental sustainability of the Maykop citu and the Maykop district (Republic of Adygea) agro-landscapes. *Novye tekhnologii = New technologies*. 2022;18(1):129-140. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-1-129-140>
9. Mikhajlova M. I., Chernyshov M. P. Current preservation, growth intensity and sanitary condition of Scots pine trees in the growing geographical forest crops of the Voronezh Region. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2021;12-1(45):56-67. (In Russ.). Access mode: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/49807/view#article-text>
10. Nikolaeva I. O., Solov'ev V. M. A systematic way to assess the structure of coniferous young trees with aim to form high-productive plantations on the example of the Middle Urals. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova = Bulletin of the BSSA named after V. R. Filippov*. 2019;4(57):80-87. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41648127_68717477.pdf
11. Sazonova T. A., Bolodinskij V. K., Pridacha V. B. Ecological and physiological characteristics of Scots pine. Petrozavodsk. "Verso" Publ. house. 2011. 206 p. (In Russ.). DOI:10.13140/RG.2.1.3057.6169
12. Semenyak N. S., Solomina O. N., Dolgova E. A., Matskovskij V. V. The climatic signal in various parameters of the Scots pine annual rings in the Solovetsky Archipelago. *Geosfernye issledovaniya = Geosphere Research*. 2022;4:149-164. (In Russ.). Access mode: <https://journals.tsu.ru/uploads/import/2284/files/4-149.pdf>
13. Stonozhenko L. V., Najdenova E. V., Roganova S.A. Investigation of the structure and shape of plantings. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoj vestnik*. 2016;20(5):205-214. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26674966_82696206.pdf
14. Yanbaev R. Yu., Bakhtina S. Yu., Sadykov A. Kh., Red'kina N. N. The climatic signal in the radial growth of young and adult common pine trees. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;3(67):24-29. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54722846_64184243.pdf
15. Anchukaitis K. J., Wilson R., Briffa K. R., Büntgen U., Cook E. R., D'Arrigo R. Last millennium Northern Hemisphere summer temperatures from tree rings: Part II, spatially resolved reconstructions. *Quaternary Science Reviews*. 2017;163:1-22. Access mode: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.quascirev.2017.02.020>
16. Hudson D. W., Hodgson D. J., Cant M. A., Thompson F. J., Delahay R., McDonald R. A., & McKinley T. J. Importance sampling and Bayesian model comparison in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023;14:2994-3006. DOI:<https://doi.org/10.1111/2041-210X.14237>
17. Leskinen P., Lindner M., Verkerk P. J., Nabuurs G. J., Van Brusselen J., Kulikova E., Hassegawa M., Lerink B. (eds.). Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us. *European Forest Institute*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.36333/wscu11>
18. Liu Y., Zhongbao X., Li Z., Keyimu-Märdan Keyum M. Response of radial growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate factors in Bashang area of Hebei province. *Acta Ecologica Sinica*. 2022;42:1830-1840. DOI:10.5846/stxb20201027 2750
19. Pasternak V., Bugayov S. Peculiarities of the taxation structure of alder stands of the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016; 238:39-48.
20. Pyhäjärvi T., Kujala S., Savolainen O. 275 years of forestry meets genomics in *Pinus sylvestris*. *Evolutionary Applications*. 2020;13(1). DOI:10.1111/eva.12809
21. Venäläinen A., Lehtonen I., Mikko L., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P., Peltola H. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology*. 2020;26(8):4178-4196. DOI:10.1111/gcb.15183

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Выращивание агарикомицетов на стволах малого диаметра в условиях постагрогенных ландшафтов Псковской области

¹Сергей Геннадьевич Парамонов✉, e-mail: sergei.paramonov@pharminnotech.com, к.б.н., доцент, ORCID: 0000-0003-3016-9010

¹Михаил Владимирович Жариков, ORCID: 0000-0003-0720-501X

¹Владимир Вениаминович Перелыгин, д.м.н., профессор, ORCID: 0000-0002-0999-5644

²Иван Викторович Змитрович, д.б.н., в.н.с., ORCID: 0000-0002-3927-2527

¹Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, e-mail: rectorat.main@pharminnotech.com, 197022, ул. Профессора Попова, д. 14, литера А, Санкт-Петербург, Россия

²Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, e-mail: IZmitrovich@binran.ru, 197022, ул. Профессора Попова, д. 2, литера В, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Заброшенные сельскохозяйственные земли (залежи), которые активно зарастают древесной растительностью, занимают значительную площадь в Северо-Западном федеральном округе. В первые десятилетия нарастания запаса эти леса не представляют интерес для лесозаготовительной промышленности. Вместе с тем, в них появляется мелкий древесный детрит, а маломерные живые деревья представляют возможность для получения сырья чаги. Соответственно, такие участки являются перспективной площадкой для промышленного грибоводства. В настоящей работе приводятся результаты эксперимента по выращиванию видов *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes* и *Kuehneromyces mutabilis* в природных условиях постагрогенных экосистем в Псковской области, показавшие, что заросший лиственным молодняком субстрат может быть использован для успешного выращивания данных грибов. На стволах и обрезках древесины диаметром до 12 см было произведено заражение живых деревьев *Inonotus obliquus*, обрезков стволов *Lentinula edodes* и *Kuehneromyces mutabilis*. Освоение субстрата и первые плодовые тела/стерильные наросты у *Inonotus obliquus* появились спустя 10 лет, у *Lentinula edodes* и *Kuehneromyces mutabilis* – на следующий год после заражения. Периоды массового плодоношения у *Lentinula edodes* составили 3 года, у *Kuehneromyces mutabilis* – 2 года. Эти результаты показывают потенциал для успешного выращивания данных видов грибов в постагрогенных экосистемах и могут быть полезными для развития промышленного производства грибов в данном регионе. Инокуляционные технологии выращивания грибов на открытом воздухе являются перспективными с точки зрения снижения капитальных затрат на создание плантаций и в рамках комплексного использования лесов, расположенных на сельскохозяйственных угодьях.

Ключевые слова: постагрогенные экосистемы, комплексное использование лесов, использование заброшенных сельскохозяйственных земель, выращивание грибов, *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes*, *Kuehneromyces mutabilis*

Цитирование. Парамонов С. Г., Жариков М. В., Перелыгин В. В., Змитрович И. В. Выращивание агарикомицетов на стволах малого диаметра в условиях постагрогенных ландшафтов Псковской области // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 22-28. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.003.22-28

Поступила в редакцию: 29.04.2024

Принята к печати: 12.06.2024

Введение. В Северо-Западном федеральном округе обширные территории заброшенных сельскохозяйственных угодий, покрытые нарастающей древесной растительностью, занимают значительные площади. По данным сельскохозяйственной переписи 2016 года, 24 % сельскохозяйственных земель в регионе составляют земельные участки, ранее использовавшиеся под пашню и более одного года неиспользовавшиеся под посевы сельскохозяйственных культур и неподготовленные под пар (Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т./Федеральная служба гос. статистики. Т. 3: Земельные ресурсы и их использование. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018. 307 с.). Таким образом, актуальным является

вопрос о возможности рационального использования указанных земель с учетом факта наличия на них древесной растительности.

Так как данные земли при достижении параметров, указанных в Постановлении Правительства РФ от 21.09.2020 № 1509 «Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения» считаются лесными землями, и на них действуют нормы Лесного Кодекса РФ, однако использоваться они должны в соответствии с целевым (сельскохозяйственным) назначением данных земель (ст. 120 ЛК РФ). Таким образом, указанные объекты, с одной стороны, считаются лесами, но, с другой стороны, лесохозяйственное

пользование (например, посадки лесных культур, отдельные виды рубок) ограничено целевым назначением. Параметры Постановления Правительства РФ № 1509 позволяют считать лесом участок площадью более 0,5 га с деревьями высотой более 5 метров и лесным растительным покровом, составляющим более 75 процентов площади земельного участка, с показателями сомкнутости крон древесного и кустарникового яруса 0,8–1. Насаждения, достигшие указанных параметров, еще длительное время не смогут являться объектом получения деловой древесины (возраст спелости древесины для березы составляет 40–50 лет, для сосны – 60–80). Таким образом, до достижения возраста рубки данные древостои можно рассматривать как источник недревесной продукции леса (грибов, лекарственных растений и т.д.) или как территорию, на которой возможно ведение сельскохозяйственной деятельности под пологом леса. Одним из перспективных видов такой деятельности является культивирование грибов [11]. При этом большинство исследований по выращиванию *Inonotus obliquus*, *Kuehneromyces mutabilis* на обрезках древесины проводились на стволах диаметром около 20 см и более [21; 26], *Lentinula edodes* инокулировали на обрезки 10–20 см [16]. В нашем исследовании рассмотрим вопрос о возможности выращивания грибной продукции на стволах малого диаметра, как субстрата, преобладающего на постагрогенных экосистемах, начавших зарастать древесной растительностью в 90-х – 2000-х годах.

В рамках исследования рассматривается возможность использования заброшенных земель сельскохозяйственного назначения, заросших молодым лесом, для ведения сельскохозяйственной деятельности под пологом леса. Особое внимание уделяется использованию древостоя малого диаметра лиственных пород в качестве субстрата для выращивания дереворазрушающих грибов в постагрогенных экосистемах.

Цель данного исследования заключалась в определении возможностей такого подхода к сельскохозяйственному использованию заброшенных земель, позволяющего эффективно использовать выросший на них молодняк.

Задачи исследования включали проведение эксперимента по заражению живых стволов березы и обрезков древесины малого диаметра под открытым небом в естественных природных условиях в постагрогенных экосистемах начальной стадии сукцессии. Дополнительно планируется провести наблюдения за ходом заражения и продуктивностью до полного разрушения субстрата.

Материалы и методы. Исследование проводилось в условиях естественного выращивания под пологом леса в климате Северо-Западного федерального округа, в частности в Псковской области.

Объектом исследования были выбраны агарикомицеты: чага (*Inonotus obliquus*), шиитаке (*Lentinula edodes*) и опенок летний (*Kuehneromyces mutabilis*). В качестве субстрата для выращивания

использовали березу пушистую (*Betula pubescens*) как вид, активно заселяющий постагрогенные земли, с одной стороны, и активно заселяемый переносными грибами, с другой [19].

Inonotus obliquus Государственной Фармакопеей РФ рассматривается в качестве лекарственного растительного сырья (ФС.2.5.0103.18), обладает лекарственными свойствами [3; 4].

Lentinula edodes в России считается пищевым, выращивается на искусственных субстратах как в закрытом грунте [23], так и в естественной среде на порубочных остатках [6; 7; 16]. Встречается в природе на территории дальнего востока РФ [8; 1; 2], нуждается в охране. Может выращиваться в открытом грунте в условиях средней тайги [11]. Однако данный гриб в некоторых странах считается лечебным [24; 13]. И в России ряд исследований [5; 22], рассматривают его как источник биологически активных веществ, для человека и в ветеринарии И. Мотмиллере [12].

Kuehneromyces mutabilis в России рассматривается как пищевой, промышленно выращивается в некоторых странах [23], является объектом сбора в дикой природе. Рассматривается в качестве факультативного паразита в лесном хозяйстве, способного заразить ослабленные деревья. Рассматривается как перспективный для медицины, показавший активность в отношении раковых клеток [22; 25], имеющий высокую антифунгальную активность, а также способность к образованию ингибиторов биосинтеза стеролов [18], противовирусную активность в отношении вирусов гриппа типов А и В [17].

Материал для инокуляции *Inonotus obliquus* и *Kuehneromyces mutabilis* – местный из экосистем прилегающего к объекту исследования лесного фонда. Для инокуляции *Lentinula edodes* использовался приобретенный зерновой мицелий (штамм AL).

Субстрат для инокуляции *Inonotus obliquus* – растущие на территории объекта (кадастровый номер 60 : 16 : 061401 : 21, Плюсский район, Псковская область) живые березы (*Betula pubescens*) на момент инокуляции (2013 г.) имели диаметр на высоте груди 12 см. Результаты эксперимента описаны в статье, опубликованной ранее [14].

Субстрат для инокуляции *Lentinula edodes* и *Kuehneromyces mutabilis* – срубленные в результате разреживания древостоя в 2018 году березы и ольха (*Alnus incana*) диаметром на высоте груди 10–12 см. Рубка производилась в зимний период, заражение в июне того же года. Заражение *Inonotus obliquus* производилась методом надрубания топором и инокуляцией в расщеп части мицелия.

Заражение *Lentinula edodes* производилось путем пропиливания на 1/3 диаметра обрезка ствола березы и ольхи длиной 1 м и диаметром от 14 до 8 см и помещения в пропиленный зерновой мицелий с последующим увлажнением и оборачиванием зараженного участка хлопчатобумажной марлей. Обрезки стволов впоследствии устанавливали на опорах в наклонном положении.

Заражение *Kuehneromyces mutabilis* производилось путем укладывания зараженных остатков древесины на увлажненную почву с установкой на них вертикально обрезков стволов березы длиной 70 см и диаметром 8 до 14 см группами по 8–12 стволов.

Последующие операции: в 2018 и 2019 годах древесина, зараженная *Lentinula edodes* и *Kuehneromyces mutabilis*, дополнительно увлажнялась в летний период при отсутствии осадков более 14 дней.

Результаты исследования и их обсуждение.

По результатам обследования в 2023 году, заражение *Inonotus obliquus* наблюдалось у 70% модельных деревьев (рисунок 1). Данные деревья продолжают рост и впоследствии имеется возможность увеличения как размера дерева, так и размеров стерильных наростов.

Развитие зараженных *Lentinula edodes* деревьев.

На следующий год после заражения с июня по август проявлялись единичные плодовые тела. В 2020 году наблюдалось три массовых генерации плодовых тел на березовых обрезках. Генерации (массовое развитие плодовых тел) длились от 3 до 10 дней, в промежутках между генерациями плодовые тела появлялись единично или отсутствовали.

В 2021 году появились четыре генерации на березовых обрезках и две на ольховых (рисунок 2), при этом на разных породах генерации появлялись в разное время. В 2022 году наблюдалось две генерации плодовых тел на березовых обрезках и две на ольхе. В 2023 год – единичные плодовые тела на березовых обрезках и разложение составляющей бревна с рассыпанием на отдельные волокна (рисунок 3).



Рисунок 1. Видимые стерильные наросты чаги



Рисунок 2. Плодовые тела шиитаке на ольховых обрезках ствола

Таблица. Результаты эксперимента по заражению и оценке продуктивности *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes*, *Kuehneromyces mutabilis* на стволах малого диаметра

Объекты исследования	Длительность наблюдений, лет	Генераций плодовых тел или стерильных наростов за весь период наблюдений	Период массовой генерации до полного разложения питательного субстрата, лет	Средняя биомасса естественной влажности за одну генерацию с 1 м ³ субстрата/живого дерева, кг
<i>Inonotus obliquus</i>	10	1		0,9 (± 0,3) P = 0,95
<i>Lentinula edodes</i>	6	9 (5 на ольхе)	3	9,4 (± 2,2) P = 0,95
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	6	8	2	8,0 (± 2,6) P = 0,95

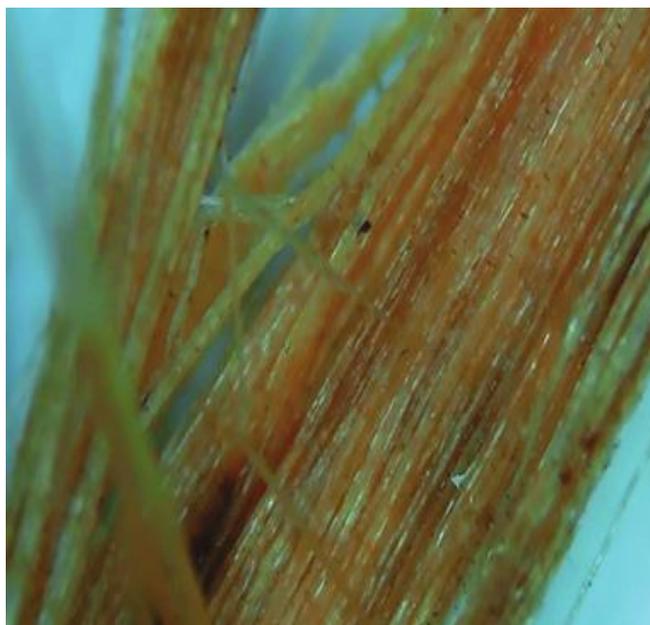


Рисунок 3. Волокна древесины после выращивания шиитаке



Рисунок 4. Плодоношение опенка летнего на третий год после инокуляции

Развитие зараженных Kuehneromyces mutabilis деревьев.

В год заражения (2018) проявления плодовых тел не наблюдалось. Первая генерация появилась в августе 2019 в нижней, прилегающей к земле части обрезков. В 2020 три генерации: в июне, в августе и сентябре. В 2021 и 2022 по две генерации в августе и сентябре. Характер генераций массовый (рисунок 4), в период между генерациями плодовые тела не появлялись. 2023 практически нет плодовых тел (единичные на отдельных обрезках), бревна рассыпаются на отдельные волокна.

Сравнение полученных результатов с литературными данными.

Исходя из обзора литературных данных, урожайность исследуемых грибов при выращивании в открытом грунте показывает следующее:

В аналогичном исследовании при заражении *Inonotus obliquus* деревьев большего диаметра [24] результаты в виде стерильных наростов на некоторых модельных деревьях проявились через 4–5 лет. Также показано, что биомасса нароста зависит от объема дерева, что указывает на предпочтительность заражения более старых деревьев.

В другом исследовании расчет естественного «урожая» чаги для Пермского края [16] показал 563–2690 г/га в сыром весе. Исходя из этого, опираясь на таблицы хода роста нормальных древостоев березы I–II класса бонитета (для 20 летних насаждений 77–96 м³/га) [21] и приняв за расчетный коэффициент заражаемости 0,7, можно рассчитать возможный «урожай» *Inonotus obliquus* для наших условий – 48500–60500 г/га при искусственном заражении древостоя.

В работе [15] описывается опыт выращивания шиитаке на порубочных остатках в Приморье при

искусственном орошении. Указывается, что плодовые тела *Lentinula edodes* появляются через 2 года, плодоношение длится 6 лет, и выход грибной продукции с 1 м³ древесины около 240 кг.

В нашем случае продуктивность была менее продолжительна (3 года) и значительно меньшей массы (84,6 кг с 1 м³ в расчете на весь период активного плодоношения), что может быть результатом различий в климате регионов, так как, по данным Комина П.А. с соавторами [9], рост шиитаке прекращается при температуре ниже 14 °С.

В работе [20] при заражении березовых обрубков и выращивании *Kuehneromyces mutabilis* под открытым небом первые плодовые тела появлялись через 8–12 месяцев, а возможная расчетная урожайность за генерацию составляла от 5 до 9,9 кг с 1 м³ древесины. Эти данные согласуются с данными нашего эксперимента (таблица).

Выводы. Заброшенные сельскохозяйственные земли, заросшие лиственным молодняком, можно использовать для выращивания отдельных видов дереворазрушающих грибов под открытым небом в условиях Псковской области. Малый диаметр древесины как субстрата для выращивания *Inonotus obliquus* является фактором, увеличивающим период от заражения до появления стерильных наростов. Технологии выращивания данных грибов под открытым небом на стволах малого диаметра можно рассматривать как перспективный элемент комплексного использования лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения.

Литература:

1. Ерофеева Е. А. К экологии и распространению трех видов агарикоидных грибов на Дальнем Востоке // Комаровские чтения. 2016. № 64. С. 232-235. EDN: WWULSV

2. Ерофеева Е. А., Бухарова Н. В., Кочунова Н. А., Булах Е. М. Новые сведения о редких охраняемых видах базидиомицетов Хабаровского края // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. № 2. С. 119-128. DOI: 10.31857/S0026364821020033
3. Змитрович И. В., Денисова Н. П., Баландайкин М. Э., Белова Н. В., Бондарцева М. А., Переведенцева Л. Г., Перельгин В. В., Яковлев Г. П. Чага и ее биоактивные комплексы: история и перспективы // Формулы Фармации. 2020. Т. 2(2). С. 84-93. doi: 10.17816/phf34803
4. Змитрович И. В., Власенко В. А., Перельгин В. В., Фигурин И. С. Профилактика и лечение рака с использованием сырья «лекарственных грибов»: критика, факты, перспективные проблемы // Формулы Фармации. 2020. Т. 2. № 4. С. 118-127. doi: 10.17816/phf55224
5. Ильинских Н. Н., Глухова Л. Б., Ильинских Е. Н., Карначук Р. А. Цитологические и цитогенетические изменения Т-лимфоцитов крови человека при воздействии противоопухолевого препарата адриамицина на фоне введения экстрактов из мицелия грибов шиитаке (*Lentinula edodes*) в условиях *in vitro* // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 356. С. 171-175.
6. Комин П. А. Особенности биологии гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) на территории лесного участка ПГСХА «Реликт Приморья» // Вестник КрасГАУ. 2016. № 6. С. 27-31.
7. Комин П. А. Искусственное выращивание гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) на хвойных опилках // Вестник КрасГАУ. 2016. № 11(122). С. 15-19.
8. Комин П. А. Ареал гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) в Приморском крае // Вестник КрасГАУ. 2017. № 4(127). С. 178-181.
9. Комин П. А., Комин А. Э., Ивус О. Н. Влияние типов леса на продуктивность гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) в условиях Приморского края / Лесное хозяйство: Материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 2023 года / Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2023. С. 149-152. EDN: RPZCЮ
10. Лугинина Е. А., Егошина Т. Л. Ресурсы дикорастущих съедобных грибов в Северо-Западном федеральном округе // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 132-137.
11. Лутовинава В. А. Культивирование съедобных грибов в условиях Ханты-Мансийска / Молодёжная наука Севера: Сборник материалов I Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Ханты-Мансийск, 12–13 декабря 2023 года. Ханты-Мансийск: Югорский государственный университет, 2023. С. 119-128. EDN: HУJGDR
12. Мотмиллере И., Зоренко Т., Матюшкова Н. Улучшение репродуктивных показателей, разводимых в неволе млекопитающих с помощью подкормки их экстрактом гриба шиитаке / Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Международная научно-практическая конференция. Киров, 2007. С. 303–304.
13. Мустафаев И. М., Шеркулова Ж. П., Исломиддинов З. Ш., Иминова М. М., Эшонкулов Э. Й., Кузибоев Х. Н. Биологически активные соединения лекарственных базидиомицетов и перспективы их использования в Узбекистане // Universum: химия и биология. 2023. №12-1 (114). С. 37-44. DOI: 10.32743/UniChem.2023.114.12.16260
14. Парамонов С. Г., Перельгин В. В., Жариков М. В. Опыт культивирования чаги (*Inonotus obliquus*) на деревьях малого диаметра в постагрогенных экосистемах // Микология и фитопатология. 2024. Т. 58. № 1. С. 69-73.
15. Розломий Н. Г., Гуков Г. В. Опыт искусственного выращивания грибов шиитаке (*Lentinula edodes* Berk.) Pegler) в условиях юга Дальнего Востока как один из способов повышения рекреационной привлекательности лесов // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. № 2-3. С. 536-539.
16. Романов А. В., Боталов В. С. «Урожайность» чаги (*Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilát.) в лесных насаждениях Пермского края / Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию основания университета, Пермь, 20 октября 2020 года. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2020. С. 139-141. EDN: BDAATW
17. Теплякова Т. В., Косогова Т. А., Ананько Г. Г. [и др.]. Противовирусная активность базидиальных грибов. Обзор литературы // Проблемы медицинской микологии. 2014. Т. 16. № 2. С. 15-25.
18. Тренин А. С., Кац Н. Ю., Цвигун Е. А. [и др.]. Базидиальные грибы *Kuehneromyces mutabilis*, *Flammulina velutipes* и *Lentinus edodes* как возможные продуценты ингибиторов биосинтеза стеролов // Успехи медицинской микологии. 2014. Т. 12. С. 353-354. EDN: TFXMDR
19. Трухоновец В. В., Колодий Т. А., Колодий П. В. [и др.]. Особенности вегетативного роста и плодообразования лентинуса съедобного (*Lentinula edodes* (Berk.) Singer) в условиях искусственного культивирования / Материалы международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. В 3-х частях, Гомель, 19–20 ноября 2020 года. Том Часть 2. Гомель: Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, 2020. С. 250-253. EDN: FIPXTO
20. Федоров Н. И., Якимов Н. И., Смоляк Ю. Л., Рудович З. И. Способ выращивания опенка летнего. Авторское свидетельство № 1069656 А1 СССР, МПК А01С 1/04.: № 3463248: заявл. 05.07.1982; опубл. 30.01.1984; заявитель Белорусский Ордена Трудового Красного знамени технологический институт им. С.М. Кирова.
21. Эйттинген Г. Р. Лесоводство. Москва: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1959. 416 с. <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/eitles/text.pdf>
22. Юницкий А. Э., Костеневич А. А. Лекарственные и съедобные грибы в условиях замкнутой экосистемы: культивирование, свойства, применение / Безракетная индустриализация ближнего космоса: проблемы, идеи, проекты: Материалы IV международной научно-технической конференции, Марьяна Горка, 18 сентября 2021 года. Минск: ГП «СтройМедиаПроект», 2022. С. 269-280. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49921584_23246438.pdf
23. Issakainen J., Pihlaja K., Smolander J. Greenhouse culture experiments on *Kuehneromyces mutabilis*. *Karstenia*. 2017;57:17-32. DOI:10.29203/ka.2017.480
24. Miina J., Peltola R., Veteli P. et al. Inoculation success of *Inonotus obliquus* in living birch (*Betula* spp.). *Forest Ecol. Manag.* 2021;492:e119244. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119244>
25. Vanyolos A., Kovacs B., Bozsity N., Zupko I., Hohmann J. Antiproliferative activity of some higher mushrooms

from Hungary against human cancer cell lines // Int. J. Med. Mushrooms. 2015. V. 17(12). P. 1145-1149. doi: 10.1615/intjmedmushrooms.v17.i12.40

26. Xu X., Yan H., Zhang X. Structure and immunostimulating activities of a new heteropolysaccharide from

Lentinula edodes // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. V. 60(46). P. 11560-11566. DOI:10.1021/jf304364c

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.003.22-28

Cultivation of Agaricomycetes on Small Diameter Logs in Post-Agrogenic Landscapes of Pskov Region

¹Sergey G. Paramonov✉, e-mail: sergei.paramonov@pharminnotech.com, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, ORCID: 0000-0003-3016-9010

¹Mikhail V. Zharikov, Senior Laboratory Assistant, ORCID: 0000-0002-0999-5644

¹Vladimir V. Perelygin, Dr. Sci. (Medic.), Professor, ORCID: 0000-0003-0720-501X

²Ivan V. Zmitrovich, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, ORCID: 0000-0002-3927-2527

¹Saint Petersburg Chemical Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, e-mail: rectorat.main@pharminnotech.com, 197022, Professora Popova Street, 14, building A, St. Petersburg, Russia

²Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (BIN RAS), e-mail: IZmitrovich@binran.ru 197022, Professora Popova str., 2, litera V, St. Petersburg, Russia

Abstract. Abandoned agricultural lands (fallow lands), which are actively overgrown with woody vegetation, occupy a significant area in the North-Western Federal District. In the first decades of the wood reserve growth, these forests are not of interest to the logging industry. At the same time, small woody detritus appears in them, and small-sized live trees provide an opportunity to obtain raw materials of chaga mushroom (*Inonotus obliquus*). Accordingly, such sites are a promising site for industrial mushroom farming. This paper presents the results of an experiment on the *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes* and *Kuehneromyces mutabilis* species cultivation in the natural conditions of postagrogenic ecosystems in the Pskov region. These experiments showed that the substrate overgrown with deciduous young growth can be used for the successful cultivation of these fungi. Live trees were infected by *Inonotus obliquus*, trunk clippings up to 12 cm in diameter by *Lentinula edodes* and *Kuehneromyces mutabilis*. Substrate occupation and the first fruit bodies of mushrooms/sterile outgrowths appeared in *Inonotus obliquus* 10 years later, in *Lentinula edodes* and *Kuehneromyces mutabilis* – the next year after infection. The periods of mass fruiting in *Lentinula edodes* were 3 years, in *Kuehneromyces mutabilis* – 2 years. These results show the potential for successful cultivation of these fungi species in postagrogenic ecosystems and may be useful for the development of industrial mushroom production in this region. Inoculation technologies for these mushrooms in open-air conditions may be considered promising in terms of minimizing capital costs for establishing plantations, as well as serving as a component of comprehensive forest use in agricultural lands.

Keywords: post-agrogenic ecosystems, comprehensive forest use, mushroom cultivation, *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes*, *Kuehneromyces mutabilis*

Citation: Paramonov S. G., Zharikov M. V., Perelygin V. V., Zmitrovich I. V. Cultivation of Agaricomycetes on Small Diameter Logs in Post-Agrogenic Landscapes of Pskov Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):22-28.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.003.22-28

Received: 29.04.2024

Accepted: 12.06.2024

References:

1. Erofeeva E. A. On the ecology and distribution of three species of agaricoid fungi in the Far East. *Komarov Readings*. 2016;64:232-235. (In Russ.)
2. Erofeeva E. A., Bukharova N. V., Kochunova N. A., Bulakh E. M. New information about rare protected species of basidiomycetes in the Khabarovsk Region. *Mikologiya i Fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 2021;55(2):119-128. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0026364821020033
3. Zmitrovich I. V., Vlasenko V. A., Perelygin V. V., Figurin I. S. Prevention and treatment of cancer using so-called medicinal mushrooms raw materials: Criticism, facts, and perspectives. *Formuly Farmatsii = Pharmacy Formulas*. 2020;2(4):118-127. (in Russ.) doi.org/10.17816/phf55224
4. Zmitrovich I. V., Denisova N. P., Balandaykin M. E., Belova N. V., Bondartseva M. A., Perevedentseva L. G., Perelygin V., Yakovlev G. P. Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) and its bioactive complexes: history and perspectives. *Formuly Farmatsii = Pharmacy Formulas*. 2020;2(2):84-93. (in Russ.) DOI: 10.17816/phf34803
5. Ilyinskikh N. N., Glukhova L. B., Ilyinskikh E. N., Karnachuk R. A. Cytological and cytogenetic changes in human blood T-lymphocytes under the influence of the Adriamycin antitumor drug against the background of the administration of extracts from the mycelium of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) in vitro. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*. 2012;356:171-175. (In Russ.)
6. Komin P. A. Features of the shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) biology on the region of the «Relic of Primorye» forest area of the Primorsky State Agrarian-Technological University. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;6(117):27-31. (In Russ.)

7. Komin P. A. Artificial cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) on pine sawdust. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;11(122):15-19. (In Russ.)
8. Komin P. A. Area of shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) in the Primorsky Region. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2017;4(127):178-181. (In Russ.)
9. Komin P. A., Komin A. E., Ivus O. N. The influence of forest types on the productivity of the shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) in the conditions of the Primorsky Region. Forestry: Materials 87th scientific and technical conference of teaching staff, researchers and graduate students (with international participation), Minsk, January 31–17, 2023. Responsible for the publication: I.V. Voitov. Minsk. Belarusian State Technological University Publ. house. 2023. pp. 149-152. (In Russ.). EDN: RPZCIO
10. Luginina E. A., Egoshina T. L. Resources of wild edible mushrooms in the North-Western Federal District. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;17(5):132-137. (In Russ.)
11. Lutovinova V. A. Cultivation of edible mushrooms in the conditions of Khanty-Mansiysk. Youth Science of the North: Compilation of materials of the I International Scientific and Practical Conference. In 3 parts, Khanty-Mansiysk, December 12–13, 2023. Khanty-Mansiysk. Yugra State University Publ. house. 2023. pp. 119-128. (In Russ.)
12. Motmillere I., Zorenko T., Matyushkova N. Improving the reproductive performance of captive-bred mammals by feeding them with shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) extract. Contemporary problems of nature management, hunting and animal husbandry. International scientific and Practical Conference. Kirov. 2007. pp. 303-304. (In Russ.)
13. Mustafaev I. M., Sherkulova Zh. P., Islomiddinov Z. Sh., Iminova M. M., Eshonkulov E. I., Kuziboev Kh. N. Biologically active compounds in medicinal basidiomycetes and prospects for their use in Uzbekistan. *Universum: khimiya i biologiya*. 2023;12-1(114):37-44. (In Russ.). DOI: 10.32743/UniChem.2023.114.12.16260
14. Paramonov S. G., Perelygin V. V., Zharikov M. V. Experimental infection of small-diameter trees with chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) in a postagrogenous birch forest. *Mikologiya i Fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 2024;58(1):69-73. (In Russ.)
15. Rozlomii N. G., Gukov G. V. The experience of artificial cultivation of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes* Berk.) Pegler) in the south of the Far East conditions as one of the ways to increase the recreational attractiveness of forests. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2017;2-3:536-539. (In Russ.)
16. Romanov A. V., Botalov V. S. «Productivity» of chaga mushroom (*Inonotus obliquus* (Ach. Ex Pers.) Pilát.) in forest plantations of the Perm region. Agricultural technologies of the XXI century: development strategy, technologies and innovation: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the founding of the university, Perm, October 20, 2020. Perm. Prokrost Information and Publishing Center. 2020. pp. 139-141. (In Russ.)
17. Teplyakova T. V., Kosogova T. A., Ananko G. G. [et al.] Antiviral activity of basidiomycetes. Literature review. *Problemy meditsinskoj mikologii = Problems of medical mycology*. 2014;16(2):15-25. (In Russ.)
18. Trenin A. S., Kats N. Yu., Tsvigun E. A. [et al.] Basidial fungi *Kuehneromyces mutabilis*, *Flammulina velutipes* and *Lentinus edodes* as possible producers of sterol biosynthesis inhibitors. *Uspekhi meditsinskoj mikologii*. 2014;12:353-354. (In Russ.) EDN: TFXMDR
19. Trukhonovets V. V., Kolodiy T. A., Kolodiy P. V. [et al.] Features of vegetative growth and fruit formation of edible lentinus (*Lentinula edodes* (Berk.) Singer) under artificial cultivation conditions. International Anniversary Scientific and Practical conference dedicated to the 90th anniversary of Francisk Skorina Gomel State University: Conference materials. In 3 parts, Gomel, November 19–20, 2020. Gomel. F. Skorina GSU Publ. house. 2020;2:250-253. (In Russ.)
20. Fedorov N.I., Yakimov N.I., Smolyak Yu.L., Rudovich Z.I. The method of sheathed woodtuft (*Kuehneromyces mutabilis*) growing. Copyright certificate No 1069656 A1 USSR, MPK A01C 1/04. № 3463248: declared. 05.07.1982: publ. 30.01.1984. Declarant: Belarusian State Technological University named after S.M. Kirov. (In Russ.)
21. Eitingen G. R. Forestry. State Publishing House of Agricultural Literature. Moscow. 1959. 416 p. (In Russ.) Access mode: <https://www.booksite.ru/fulltext/rusles/eitles/text.pdf>
22. Yunitsky A. E., Kostenevich A. A. Medicinal and edible mushrooms in a closed ecosystem conditions: cultivation, properties, application. Rocket-free industrialization of near space: problems, ideas, projects: Materials of the IV international scientific and technical conference, Maryina Gorka, September 18, 2021. Minsk. State Enterprise “SroyMediaProekt” Publ. house. 2022. pp. 269-282. Access mode: https://www.library.ru/download/elibrary_49921584_23246438.pdf (In Russ.)
23. Issakainen J., Pihlaja K., Smolander J. Greenhouse culture experiments on *Kuehneromyces mutabilis*. *Karstenia*. 2017;57:17-32. DOI:10.29203/ka.2017.480
24. Miina J., Peltola R., Veteli P. et al. Inoculation success of *Inonotus obliquus* in living birch (*Betula* spp.). *Forest Ecol. Manag.* 2021;492:e119244. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119244>
25. Vanyolos A, Kovacs B, Bozsity N, Zupko I, Hohmann J. Antiproliferative Activity of Some Higher Mushrooms from Hungary against Human Cancer Cell Lines. *Int Journal Med Mushrooms*. 2015;17(12):1145-9. DOI: 10.1615/intjmedmushrooms.v17.i12.40
26. Xu X., Yan H., Zhang X. Structure and Immuno-Stimulating Activities of a New Heteropolysaccharide from *Lentinula edodes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012;60(46):11560–11566.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Факторы резистентности волокна хлопчатника российской селекции к эпифитной микрофлоре для получения экологичного сырья

¹Ксения Викторовна Илларионова✉, e-mail: elkv@mail.ru, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-2563-6094

²Сергей Владимирович Григорьев, к.с.-х.н., в.н.с., отдел генетических ресурсов масличных и прядильных культур, ORCID: 0000-0001-7670-4360

¹ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого, ул. Политехническая 29, г. Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), ул. Б. Морская 42,44, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Глобальная температура и влажность оказывают широкомасштабное воздействие на все сферы жизни. В благоприятных условиях текстиль является средой активности грибов и бактерий, подвергается биоразрушению, что ведет к распространению плесени и микробиотическим воспалениям. Селекция прядильных на биорезистентность волокна к деструкторам – один из аспектов решения проблем экологии, адаптации агроэкосистем к меняющемуся климату. Хлопковое сырье – основное в производстве одежды и бытового текстиля. Исследование факторов биоустойчивости волокна к гнилостному разрушению актуально для создания современного поколения сортов прядильно-масличных культур. Цель работы – изучение биологической деструкции волокна хлопчатника российской селекции, выращенного в Южном ФО РФ. Новизну исследований составляют полученные данные по устойчивости разноокрашенного хлопкового волокна к биоразрушению микрофлорой во взаимосвязи с термическим изменением его массы, что имеет принципиальное значение для создания экологичного текстиля в РФ. Исследовано зеленое, коричневое и белое волокно 9 сортов и линий хлопчатника. Рост микрофлоры на хлопке стимулирован при 28°C и влажности 90-98 %. Деструкцию волокна изучали световой микроскопией, температурную деградацию – на дериватографе Q-1000. Для изучения матрицы признаков использован анализ главных компонент (РСА). Установлено, что зеленое волокно более устойчиво к биодеструкции, чем белое. Наиболее устойчивым оказалось коричневое. Термостойкость хлопкового волокна в значительной мере определяется его исходной устойчивостью. Данные о признаках – компонентах резистентности волокна к биодеструкции во взаимосвязи с его натуральной окрашенностью – составляют научную ценность исследований. Исследования имеют практическую значимость, поскольку получение хлопкового волокна, обладающего естественной устойчивостью к гнилостному разрушению микроорганизмами, будет способствовать оптимизации химической нагрузки в производстве, улучшать агроэкологию среды, позволит повысить биобезопасность текстильных изделий.

Ключевые слова: хлопчатник, селекция на качество волокна, эпифитная пекто-целлюлолитическая микрофлора, биологическая деструкция волокна, анализ главных компонент (РСА), микотоксины, экологичный текстиль, экология среды.

Финансирование. Работа проводилась в соответствии с тематическим планом ВИР № FGEM-2022-0005 «Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических исследований и их практического использования».

Цитирование. Илларионова К. В., Григорьев С. В. Факторы резистентности волокна хлопчатника российской селекции к эпифитной микрофлоре для получения экологичного сырья // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 29-36. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.004.29-36

Поступила в редакцию: 03.05.2024

Принята к печати: 03.06.2024

Введение. Глобальное повышение температуры и влажности на Земле – критический фактор экологии 21 века. Ряд наиболее подверженных опасным сочетаниям тепла и влажности регионов являются весьма густонаселенными с активным ведением промышленного и сельскохозяйственного производства [5]. Изменения климата ожидаемо влияют на динамику инфекционных заболеваний в результате экстремальных погодных явлений [12]. Распространенность аллергических заболеваний дыхательных путей – астмы и ринита возрастает, что связывается с изменениями в

окружающей среде. Волны тепла, засухи, наводнения и ураганы способствуют распространению алергенов плесени [6]. Глобально около 600 видов грибов вызывают заболевания человека. Например, дерматофиты вызывают кожные и проникающие инфекции у 1 миллиарда человек в мире [3]. Констатировалось, что инфицируемость людей видами *Aspergillus*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Pneumocystis* и *Mucorales* являются основными причинами поражения грибом и смертности [7]. Текстиль – одежда и интерьер внутренних жилых и рабочих помещений – сопровождает человека всю его жизнь

и, следовательно, активно влияет на здоровье. В условиях контрастных колебаний влажности и температуры среды текстиль становится благоприятной средой жизнедеятельности пекто- и целлюлозоразрушающих грибов и бактерий таксонов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Microsporum*, *Bacillus*, *Streptomyces* и *Pseudomonas* [9; 13], продукты метаболизма которых вызывают микробиологические, микробиотические воспалительные состояния в организме человека [4; 15] ведут к распространению ряда опасных микотоксинов – стеригматоцистина, афлатоксина [14; 16]

Селекция прядильных культур на качество волокна может являться одним из важных факторов в решении множества вышеперечисленных проблем экологии среды, эффективной адаптации современных сельскохозяйственных экосистем к меняющимся климатическим условиям для решения задач получения промышленных продуктов с высоким биологически фортифицированным качеством. В частности, исследованиями показано, что оптимизация микрорельефа поверхности текстильного волокна, его тонины, содержания в волокне целлюлозы, эффективно сказываются на биофункциональном качестве текстиля [10]. Натурально разноокрашенное хлопковое волокно содержит биологически активные метаболиты [1; 8], что может повысить биологическую устойчивость текстиля к микроорганизмам, активно снижать количество продуктов метаболизма пекто- и целлюлозоразрушающих бактерий и грибов в одежде и домашнем текстиле. Таким образом, исследование факторов, способствующих усилению биологической устойчивости текстильного волокна к гнилоственному разрушению, является весьма актуальной задачей в создании нового поколения сортов прядильно-масличных культур.

Цель работы – изучение биологической деструкции волокна у линий и сортов хлопчатника российской селекции, выращенных в Южном ФО РФ под действием эпифитной микрофлоры и воздействием высоких температур, которым подвергается текстильное сырье в процессе промышленной переработки.

Материал и методы. Для исследований использованы образцы разноокрашенного хлопкового

волокна зеленой, коричневой и белой окраски, которые были собраны с растений 9 сортов и линий хлопчатника российской селекции, принадлежащих к видам *Gossypium hirsutum* L. и *G. herbaceum* L. (таблица 1), выращенных в Южном ФО РФ – в Астраханской обл. в дельте Волги. Агроклиматические условия зоны выращивания образцов хлопчатника характеризуются умеренно-континентальным, засушливым типом, соответствующим физико-географической зоне полупустынь со значимыми колебаниями суточных температур воздуха и незначительными осадками. За период вегетации (май-сентябрь) среднемесячное количество осадков составило 22,0 мм, температура – +21,8 °С. Средняя температура самого теплого месяца июля +32,1°С. С мая по июль было проведено 8 поливов капельным методом в норме 15-17 л/м².

Рост колоний эпифитной микрофлоры на хлопке был стимулирован выдержкой при температуре 28±2°С и относительной влажности воздуха 90-98 процентов на период 240 суток в лабораторных условиях (экспонированное волокно). Для исследования морфологии и структурных повреждений волокна применяли световую микроскопию (микроскоп Olimpus АН-2) в 50 полях зрения. Для каждого образца наблюдения проводили трижды.

Степень деструктированности образцов хлопка эпифитной микрофлорой К определяли вычислением показателя деструкции, который служит количественным выражением степени био-разрушенности хлопка и характеристикой степени его резистентности по формуле:

$$K = 0,002 \times A + 0,025 \times B + 0,255 \times C,$$

где: А – число разрушений с незначительными изменениями поверхности волокна, не затрагивающих внутреннего строения;

В – число разрушений как поверхности, так и внутреннего строения волокна;

С – число глубоких разрушений, повреждения всех структур волокна, рисунок 1 (б).

Волокно изучалось в трех вариантных состояниях – исходное (неэкспонированное), выдержанное во влажной среде с температурой, благоприятной развитию микроорганизмов в течение 30 суток и в течение 240 суток.

Таблица 1. Материал исследований. Образы хлопчатника *Gossypium spp.* – источники волокна

Каталог	Название	Происхождение	Окраска волокна	Вид
И:0159123	Войтенок ФРТ	Россия	Белая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:0159124	Аболин ЦФН	Россия	Белая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:604972	Форс	Россия	Белая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:0159125	Кумбазик Марон	Россия	Коричневая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:0159128	Катипок Бура	Россия	Коричневая	<i>G. herbaceum</i> L.
И:604982	Рунгольт	Россия	Коричневая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:604968	Страумал	Россия	Зеленая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:604968	Рунгрин BrSds	Россия	Зеленая	<i>G. hirsutum</i> L.
И:604969	Кук5	Россия	Зеленая	<i>G. hirsutum</i> L.

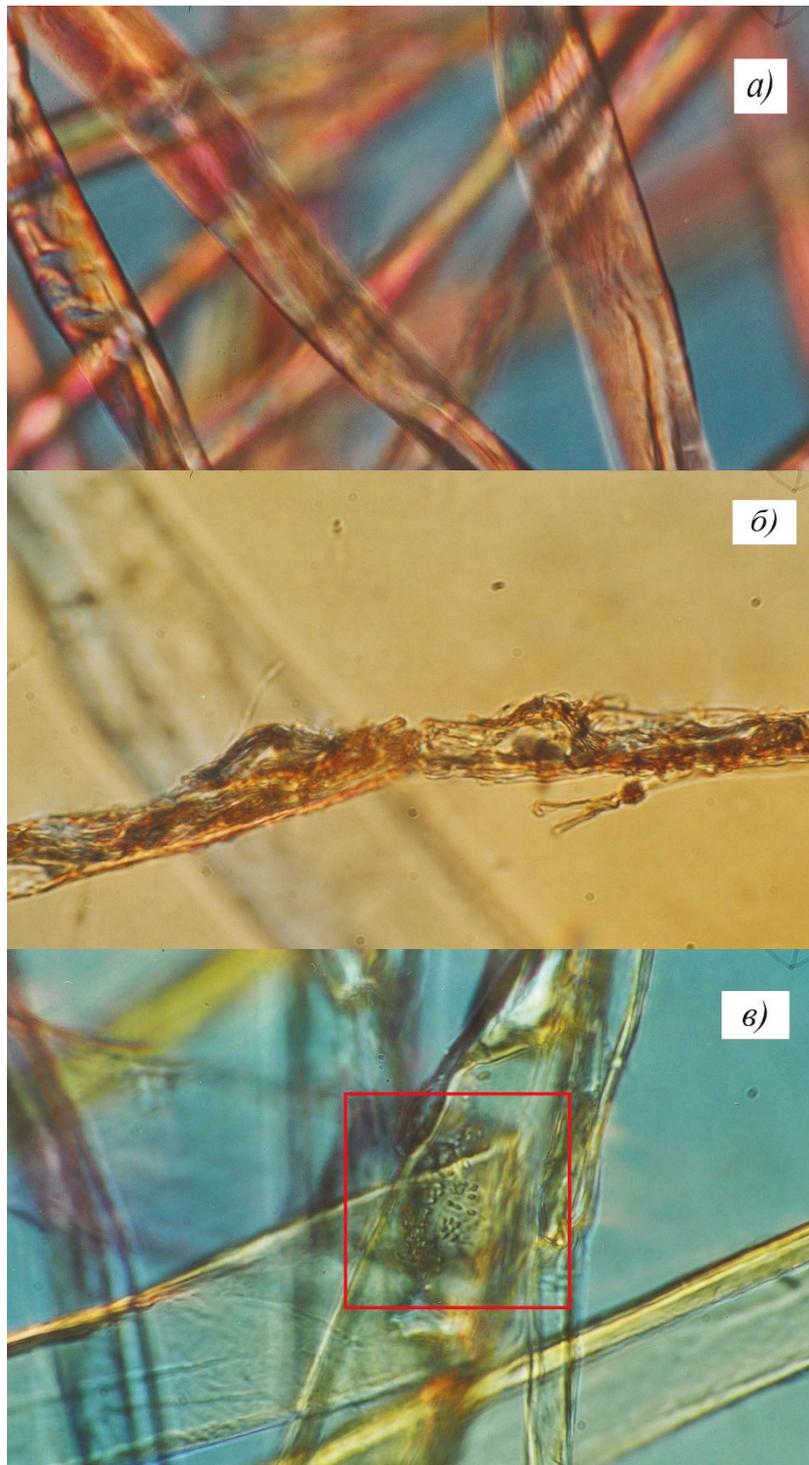


Рисунок 1. Микрофотографии хлопковых волокон (100x10x2,5): не поврежденные микроорганизмами (а), повреждения класса С после 240 суток экспозиции – глубокая деструкция, разрушение оболочки с резко обозначенными краями (б), колония микроорганизмов внутри канала волокна (в)

В процессе промышленной переработки волокна, хлопок проходит множество производственных циклов при высоких температурах, что влияет на структуру и физико-механические параметры волокна. Физико-химические изменения волокна, происходящие при контролируемом повышении температуры, деградацию волокон, оценивали по изменению экзотермических и эндотермических пиков, полученных методом дифференциального

термического анализа на дериватографе Q - 1000 при нагреве 5°C/мин в интервале от +20 до +400°C. Масса каждого анализируемого образца волокна составляла 200 мг.

Для оценки деградации волокна под воздействием спонтанной микрофлоры и контролируемого повышения температуры, были проанализированы 20 признаков – параметров волокна, характеризующих его состояние, таблица 2. Для анализа

ковариационных зависимостей между анализируемыми признаками в полученной матрице был использован анализ главных компонент – многомерный статистический метод, выявляющий латентные закономерности, выделяющий и ранжирующий факторы, описывающие исследуемые явления и ранжированные факторные нагрузки для каждого изученного признака. Метод часто используется для выявления закономерностей в различных биологических исследованиях [2; 11].

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что из группы хлопковых волокон исходного состояния (неэкспонированные), наименее поврежденным было зеленое – коэффициент деструкции К составил 0,09 в сравнении с белым – 0,17 (таблица 2). После 30 суток выдержки во влажной среде зеленое волокно оказалось в равной степени

деструктировано, как и коричневое и белое (0,2, 0,2 и 0,2 соответственно). Через 240 суток экспозиции зеленое волокно было незначительно менее повреждено, чем белое: коэффициент деструкции К составил, соответственно, 1,43 и 1,67. Коричневое волокно оказалось более устойчивым (K=1,06). Различия в биорезистентности хлопкового волокна к микрофлоре можно объяснить различиями в метаболитах окрашенных и белых волокон [8].

Различиями в метаболитном составе зеленого, коричневого и белого волокна можно объяснить и различия в реакции волокна на нагревание до +72 и далее до +312°C. Результирующее изменение массы у неэкспонированного зеленого волокна было минимальным в сравнении с коричневым и белым, соответственно: 36,9 %, 47,2 % и 41,2 %.

Таблица 2. Показатели разрушения неэкспонированного, экспонированного хлопкового волокна и изменение его массы после теплового воздействия

Биоповреждения	Естественная окраска волокна					
	Зеленое		Коричневое		Белое	
	X*	St.Err.	X	St.Err.	X	St.Err.
	Не экспонированные волокна					
A	8,0	1,8	15,7	1,9	16,3	2,8
B	2,8	1,1	3,3	1,1	2,2	1,6
C	0	0,1	0,13	0,11	0,3	0,1
N	10,8	2,3	19,2	2,4	18,8	3,6
Суммарный К	0,09	0,04	0,15	0,04	0,17	0,07
	Экспонирование 30 суток					
A	14,4	1,33	14,4	1,33	15	2,03
B	7,2	1,4	5,6	1,4	4,0	2,1
C	0,01	0,13	0,16	0,13	0,37	0,2
N	21,6	1,3	20,1	1,3	19,4	1,9
Суммарный К	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,07
	Экспонирование 240 суток					
A	41,8	6,4	33,9	6,37	28	9,72
B	42,9	4,4	31,6	4,4	49,3	6,8
C	1,1	0,6	0,8	0,6	1,5	0,9
N	85,7	8,2	66,2	8,2	78,8	12,5
Суммарный К	1,43	0,16	1,06	0,16	1,67	0,2
	Неэкспонированные					
Изменение массы волокна при нагреве до 50-72°C, %	3,1	1,1	4,1	1,1	5,6	1,2
Изменение массы волокна при нагреве до 293-312°C, %	34,3	1,6	43,1	1,6	48,3	1,2
Результирующее изменение массы волокна при нагреве, %	36,9	2,6	47,2	2,6	41,2	1,8
	После 240 суток экспонирования					
Изменение массы волокна при нагреве до +293-+312 °C, %	17,2	2,1	36,6	2,1	39,2	2,2
Суммарное изменение массы волокна при нагреве до 293-312°C, %	18,6	3,0	39,1	3,0	43,5	1,8

*Примечания. X- средние значения, St.Err.- стандартная ошибка, А – начальные разрушения поверхности волокна, В – разрушения на поверхности и внутри волокна, С – глубокая деформация волокна на всех уровнях, N – общее число повреждений, К – показатель деструкции

После 240 суток экспонирования образцов хлопка соотношение в степени трансформации массы волокон между зеленым волокном и остальными группами сохранилось, соответственно: 18,6 %, 39,1 % и 43,5%.

Зеленое волокно хлопчатника в минимальной степени отреагировало на нагревание до +312 °С – убыль массы волокна была минимальной.

Следует предположить, что нагревание волокна до +72 °С вызвало эндотермический эффект, сопровождавшийся уменьшением массы хлопка с удалением ранее адсорбированной волокнами влаги. При температурах до +320 °С может происходить изменение теплофизических свойств образцов волокна с трансформациями хлопка по массе. Неэкспонированные волокна имели изменения массы суммарно до 63,9 %, тогда как экспонированные и подвергнутые воздействию микроорганизмов – до 77,0 %. Наибольшее пост-термическое уменьшение по массе обнаружено у волокон наиболее подверженных биологическому разрушению спон-

танной микрофлорой. Качественные различия в образцах разноокрашенного волокна могут быть объяснены отличиями по составу его метаболитов, которые могут оказывать влияние на ход термофизических процессов и реакции со стороны структуры целлюлозы хлопка. Следует предположить, что термические изменения целлюлозы, как полимера, зависят от сил межмолекулярного взаимодействия и эластичности цепей макромолекул. Чем более упорядочена структура полимера, тем выше термоустойчивость. Самой высокой термостабильностью среди исследованных образцов волокна характеризовались исходные, не экспонированные во влажностно-температурной среде образцы хлопка. Установлено, что при воздействии микроорганизмов термоустойчивость волокна снижалась. Это может свидетельствовать о разрушениях волокна на надмолекулярном и молекулярном уровнях. Можно предположить разориентирование и деструкцию молекулярных цепей в аморфных структурах хлопкового волокна.

Таблица 3. Факторные нагрузки признаков состояния неэкспонированного, экспонированного и нагретого хлопкового волокна по трем факторам

Показатели волокна	Фактор 1 (39,2%)	Фактор 2 (25,0%)	Фактор 3 (20,3%)
Степени повреждения:	Неэкспонированные		
A, x1	0,65	-0,74	0,08
B, x2	-0,54	0,74	0,24
C, x3	-0,78	0,31	-0,51
N, ед.	<u>-0,85</u>	-0,51	0,11
Суммарное повреждение K	-0,84	0,41	-0,34
	Экспонирование 30 суток		
A, x1	-0,65	-0,29	0,58
B, x2	0,33	0,77	0,5
C, x3	-0,77	0,4	-0,46
N, ед.	-0,21	0,5	0,71
Суммарное повреждение K	-0,45	0,82	-0,06
	Экспонирование 240 суток		
A, x1	0,67	-0,22	-0,68
B, x2	0,08	0,26	<u>0,94</u>
C, x3	-0,31	<u>0,93</u>	0,16
N, ед.	<u>0,92</u>	0,22	0,31
Суммарное повреждение K	-0,17	0,83	0,53
Изменение массы волокна:	Неэкспонированные волокна		
при нагреве до +50-72 °С, %	-0,69	-0,38	-0,37
при нагреве до +293-312°С, %	-0,86	-0,17	0,12
Результирующее изменение, %	<u>-0,94</u>	-0,31	-0,11
	После 240 суток экспонирования		
Изменение при +293-312°С, %	<u>-0,95</u>	0,13	-0,26
Суммарно при нагревании, %	-0,81	0,2	-0,51

Для выявления принципиальных компонентов изученного в опыте явления – признаков биологической устойчивости хлопкового волокна – был использован факторный анализ. С применением критерия «каменистой осыпи» в исследовании было выделено три условно главных фактора описывающих деструктурированность волокна. Суммарно эти факторы объяснили 84,5 % общей дисперсии изученных признаков состояния волокна (таблица 3).

Фактор 1, описавший 39,2 % общей дисперсии показателей состояния волокна, выделил с наибольшими факторными нагрузками от $-0,95$ до $+0,92$ следующие признаки: «изменение массы неэкспонированного волокна при нагреве до $293-312$ °C, %», «результатирующее изменение массы неэкспонированного волокна при нагреве, %» и «общее число повреждений N экспонированного 240 суток волокна». По второму главному фактору (25 % дисперсии) был также выделен признак «число глубоких разрушений повреждений всех структур волокна после 240 суток экспонирования». По третьему фактору (20,3 % объясненной дисперсии) был выделен признак «число разрушений как поверхности, так и внутреннего строения волокна после 240 суток». Факторные нагрузки признаков деструктурированности волокна (виды повреждений B и C) и признаки термической деструктурированности волокна имели положительные и отрицательные знаки. Изучение реакции хлопкового волокна на термические стрессы имеет важное значение, поскольку ряд пороков, дефектов и повреждений текстильных изделий на этапах его выработки возникает при операциях опаливания и глажения.

Заключение. Исследованиями установлено, что хлопковое волокно зеленого цвета (сорт Страумал, селекционные линии Рунгрин BrSds и Kuk5) более устойчиво к биодеструкции под воздействием разрушающих микроорганизмов, чем белое. Однако наиболее устойчивым среди изученных образцов оказалось коричневое волокно сортов хлопчатника Кумбазик Марон, Рунгольт и селекционной линии Катипок Бура. Изучение показало, что принципиально важными фактором биологической устойчивости волокна к деструкции бактериями и грибами являются его исходная устойчивость к заселению патогенами и к вызываемой биологической деструкции, которая возникает и формируется при росте и созревании волокна в поле. Факторная нагрузка признаков общего числа повреждений исходного волокна N составила 0,85, а суммарных повреждений K – 0,84. Здесь важно отметить, что факторная нагрузка признака общего числа повреждений N по первому главному фактору длительно выдерживаемого во влажных и теплых условиях волокна оказалась выше – 0,92. Аналогично и по второму и третьему факторам, которые, в свою очередь, выделили признаки повреждения волокна (B и C) при его длительном экспонировании. То есть признак пост-уборочной

резистентности волокна к гниению и агрессивным разрушениям со стороны эпифитных грибов и бактерий еще более значим. Из изученного следует вывод, что оценку образцов хлопчатника в селекции на устойчивость к биологической деструкции волокна следует проводить после выдержки хлопка на срок не менее 200 суток при влажных и теплых условиях лаборатории.

Исследования также показали, что при нагревании хлопка до $+312$ °C исходные волокна имели суммарные изменения массы до 63,9 %, тогда как экспонированные и имеющие следы разрушений микроорганизмами трансформировались по массе сильнее – до 77,0 %. Наибольшее пост-термическое уменьшение массы обнаружено у волокон, максимально подверженных биологическому разрушению. Однако термостойкость хлопкового волокна в значительной мере определяется как его исходной устойчивостью, которая сформировалась в полевых условиях роста волокна у растений сортов хлопчатника, так и устойчивостью к высоким температурам у длительно экспонированного волокна.

Проведенные исследования показали, что волокно различных образцов хлопчатника с разнообразно окрашенным волокном различается по биологической резистентности к гниению в процессе воздействия на него влажности и температур, которые благоприятны росту гнилостной микрофлоры. Селекция сортов и линий хлопчатника с резистентным к микроорганизмам волокном может быть эффективным механизмом в создании экологичного текстиля, который за счет естественных свойств, биохимического состава волокна не поддерживает развитие агрессивных целлюлозаразрушающих бактерий и грибов, снижает уровень микотоксинов в одежде и домашнем текстиле (обивка мебели, занавеси, текстильные обои). Устойчивое к биологическому разрушению волокно более устойчиво к высокотемпературным технологическим операциям отделки (обжиг и глажение), что создает дополнительные возможности в создании инновационно продвинутых экологических продуктов.

Литература:

1. Григорьев С. В., Илларионова К. В., Шеленга Т. В. Содержание ряда фенолсодержащих метаболитов в волокне хлопчатника (*G. hirsutum* L.), выращенного в Южном ФО РФ // Научно-агрономический журнал. 2022. №4(119). С. 39-43. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.006.39-43
2. Григорьев С. В., Илларионова К. В., Подольная Л. П., Шеленга Т. В. Использование метода главных компонент в ранжировании образцов конопли посевной *Cannabis sativa* L. по жирнокислотному составу масла для ускорения селекции // Биотехнология и селекция растений. 2023. №6(4). С. 6-13. DOI: 10.30901/2658-6266-2023-4-02
3. Bouchara J. P., Mignon B., Chaturvedi V. Dermatophytes and dermatophytoses: a thematic overview of the state of the art, and the directions for future research and developments. *Mycopathologia*. 2017;182(1-2):1-4. DOI: 10.1007/s11046-017-0114-z

4. Chen T., Wu R., Cheng L., Liao Q., Chen Z. Editorial: Vaginal microecological disorder and gynecological diseases. *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 2023;13:1292815. DOI:10.3389/fcimb.2023.1292815
5. Coffel E. D., Horton R. M., de Sherbinin A. Temperature and humidity based projections of a rapid rise in global heat stress exposure during the 21st century. *Environmental research letters*. 2018;13(1):014001. DOI: 10.1088/1748-9326/aaa00e
6. D'Amato G., Holgate S. T., Pawankar R., Ledford D.K., et al. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. *A statement of the World Allergy Organization. The World Allergy Organization journal*. 2015;8(1):25. DOI:10.1186/s40413-015-0073-0
7. Dellièrre S., Gits-Muselli M., Bretagne S., Alanio A. Outbreak-causing fungi: *Pneumocystis jirovecii*. *Mycopathologia*. 2020. 185(5):783-800. DOI: 10.1007/s11046-019-00408-w
8. Grigorev S. V., Illarionova K. V., Konarev A. V., Shelenga T. V. Differences in metabolites of white and naturally colored cotton: implications for biofunctional and aseptic textiles. *Journal of Natural Fibers*. 2022;19(13):7060-7072. DOI:10.1080/15440478.2021.1941490
9. Illarionova K., Grigoryev S. Micromycetes-resistant colored cotton is promising material to reduce mycotoxins amounts in textiles, *E3S Web of Conferences*. 2020;164:06015. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406015
10. Jaros J., Wilson C., Shi V. Y. Fabric selection in atopic dermatitis: an evidence-based review. *American journal of clinical dermatology*. 2020;21(4):467-482. DOI:10.1007/s40257-020-00516-0
11. Martins T. D., Annichino-Bizzacchi J. M., Romano A. V. C., Filho R. M. Principal component analysis on recurrent venous thromboembolism. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis: official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*. 2019;25:1076029619895323. DOI: 10.1177/1076029619895323
12. McMichael A. J. Extreme weather events and infectious disease outbreaks. *Virulence*. 2015;6(6):543-547. DOI:10.4161/21505594.2014.975022
13. Sanders D., Grunden A., Dunn R. R. A review of clothing microbiology: the history of clothing and the role of microbes in textiles. *Biological letters*. 2021;17(1):20200700. DOI:10.1098/rsbl.2020.0700
14. Shabeer S., Asad S., Jamal A., Ali A. Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: an updated review. *Toxins*. 2022;14(5):307. DOI:10.3390/toxins14050307
15. Zhuo X., Luo H., Lei R., Lou X., et al. Association between intestinal microecological changes and atherothrombosis. *Microorganisms*. 2023;11(5):1223. DOI:10.3390/microorganisms11051223
16. Zingales V., Fernández-Franzón M., Ruiz M. J. Sterigmatocystin: occurrence, toxicity and molecular mechanisms of action – a review. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*. 2020;146:111802. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111802

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.004.29-36

Factors of Fiber Resistance of Russian Breeding Cotton to Epiphytic Microflora for Obtaining Environmental Friendly Raw Materials

¹ Ksenia V. Illarionova , e-mail: elkv@mail.ru, Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor, ORCID: 0000-0002-2563-6094,

² Sergey V. Grigoriev, Ph.D. (Agricultural Sciences), Leading Researcher, ORCID: 0000-0001-7670-4360,

¹Peter the Great Polytechnic University, St. Petersburg, str. Polytechnicheskaya 29
Department of Biochemistry and Molecular Biology;

²N. I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, str. B.Morskaya 42, 44
Department of Genetic Resources of Oilseeds and Fiber Crops

Abstract. Global temperature and humidity have widespread impacts on all areas of life. Under favorable conditions, textiles are an environment for the activity of fungi and bacteria and undergo biodestruction, which leads to the spread of mold and microbiotic inflammation. Breeding improvement of fiber crops for fiber bioresistance to destructors is one of the aspects of solving environmental problems and adapting agroecosystems to a changing climate. Cotton raw material is the main one in the production of cloth and household textiles. The study of factors of fiber bioresistance to putrid destruction is relevant for the creation of a modern generation of varieties of fiber/ oilseed crops. The aim of the work is to study the biological destruction of cotton fiber of Russian

breeding, grown in the Southern Federal District of the Russian Federation under the impact of epiphytic microflora and the influence of high temperatures to which textile raw materials are exposed during industrial processing. The novelty of the research is the data obtained on the resistance of multi-colored cotton fiber to biodegradation by microflora in conjunction with thermal changes in its mass, which is important for the creation of environmental friendly textiles in the Russian Federation. Data on the characteristics – components of fiber resistance to biodegradation in connection with its natural coloring constitute the scientific value of research. The research is of practical importance, since the production of cotton fiber, which is naturally resistant to putrefactive

destruction by microorganisms, will help reduce the chemical load on the industrial and agro-ecological environment and will improve the biosafety of textile products. Naturally green, brown and white fiber of 9 varieties and lines of cotton were studied. The growth of microflora on cotton has been stimulated at 28 °C and humidity 90-98%. Fiber destruction was studied by light microscopy, temperature degradation – on a Q-1000 derivatograph. Principal component analysis (PCA) was used to study the matrix of characteristics. It has been established that green fiber is more resistant to biodegradation than white fiber. Brown turned out to be the most undamaged. The heat resistance of cotton fiber is largely determined by its native, initial resistance.

Keywords: cotton, breeding for fiber quality, epiphytic pecto-cellulolytic microflora, biological destruction of fiber, principal component analysis (PCA), mycotoxins, eco-friendly textiles, environmental ecology

Funding. The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the Federal Scientific and Technical Program for the development of genetic technologies for 2019 - 2027, project No. 075-15-2021-1050.

Citation. Illarionova K. V., Grigoriev S. V. Factors of Fiber Resistance of Russian Breeding Cotton to Epiphytic Microflora for Obtaining Environmental Friendly Raw Materials. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):29-36.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.004.29-36

Received: 03.05.2024

Accepted: 03.06.2024

References:

1. Grigoriev S. V., Illarionova K. V., Shelenga T. V. The Content of a Number of Phenol-Containing Metabolites in Cotton Fiber (*G. hirsutum* L.) Grown in the Southern Federal District of the Russian Federation. *Scientific Agronomy Journal*. 2022;4(119):39-43. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.006.39-43
2. Grigoriev S. V., Illarionova K. V., Podolnaya L. P., Shelenga T. V. The use of the principal component analysis in ranking hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions according to the seed oil fatty acid composition for crop improvement. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2023;6(4):6-13. (In Russ.) DOI: 10.30901/2658-6266-2023-4-o2
3. Bouchara J. P., Mignon B., Chaturvedi V. Dermatophytes and dermatophytoses: a thematic overview of state of the art, and the directions for future research and developments. *Mycopathologia*. 2017;182(1-2):1-4. DOI: 10.1007/s11046-017-0114-z
4. Chen T., Wu R., Cheng L., Liao Q., Chen Z. Editorial: Vaginal microecological disorder and gynecological diseases. *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 2023;13:1292815. DOI:10.3389/fcimb.2023.1292815
5. Coffel E. D., Horton R. M., de Sherbinin A. Temperature and humidity based projections of a rapid rise in global heat stress exposure during the 21st century. *Environmental research letters*. 2018;13(1):014001. DOI: 10.1088/1748-9326/aaa00e
6. D'Amato G., Holgate S. T., Pawankar R., Ledford D. K., et al. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. *A statement of the World Allergy Organization. The World Allergy Organization journal*. 2015;8(1):25. DOI:10.1186/s40413-015-0073-0
7. Dellièrè S., Gits-Muselli M., Bretagne S., Alanio A. Outbreak-causing fungi: *Pneumocystis jirovecii*. *Mycopathologia*. 2020;185(5):783-800. DOI: 10.1007/s11046-019-00408-w
8. Grigorev S. V., Illarionova K. V., Konarev A. V., Shelenga T. V. Differences in metabolites of white and naturally colored cotton: implications for biofunctional and aseptic textiles. *Journal of Natural Fibers*. 2022;19(13):7060-7072. DOI:10.1080/15440478.2021.1941490
9. Illarionova K., Grigoryev S. Micromycetes-resistant colored cotton is promising material to reduce mycotoxins amounts in textiles. *E3S Web of Conferences*. 2020;164:06015. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406015
10. Jaros J., Wilson C., Shi V. Y. Fabric selection in atopic dermatitis: an evidence-based review. *American journal of clinical dermatology*. 2020;21(4):467-482. DOI:10.1007/s40257-020-00516-0
11. Martins T. D., Annichino-Bizzacchi J. M., Romano A. V. C., Filho R. M. Principal component analysis on recurrent venous thromboembolism. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis: official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis / Hemostasis*. 2019;25:1076029619895323. DOI: 10.1177/1076029619895323
12. McMichael A. J. Extreme weather events and infectious disease outbreaks. *Virulence*. 2015;6(6):543-547. DOI:10.4161/21505594.2014.975022
13. Sanders D., Grunden A., Dunn R.R. A review of clothing microbiology: the history of clothing and the role of microbes in textiles. *Biological letters*. 2021;17(1):20200700. DOI:10.1098/rsbl.2020.0700
14. Shabeer S., Asad S., Jamal A., Ali A. Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: an updated review. *Toxins*. 2022;14(5):307. DOI:10.3390/toxins14050307
15. Zhuo X., Luo H., Lei R., Lou X., et al. Association between intestinal microecological changes and atherothrombosis. *Microorganisms*. 2023;11(5):1223. DOI:10.3390/microorganisms11051223
16. Zingales V., Fernández-Franzón M., Ruiz M. J. Sterigmatocystin: occurrence, toxicity and molecular mechanisms of action – a review. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*. 2020;146:111802. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111802

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Оценка современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ

Самир Агаларович Теймуров✉, e-mail: samteim@rambler.ru, к.с.-х.н., в.н.с., ORCID: 0000-0002-0336-7380, заведующий лабораторией агропочвоведения и мелиорации;

Магомед-Расул Абдусаламович Казиев, д.с.-х.н., г.н.с., ORSID: 0000-0002-6929-9034, заведующий отделом агроландшафтного земледелия;

Казакмурза Магомедович Ибрагимов, к.с.-х.н., в.н.с., ORSID: 0000-0002-9141-1432, лаборатория агропочвоведения и мелиорации –

«Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» (ФАНЦ РД), e-mail: info@fanrcrd.ru, 367014, мкр. Научный городок, ул. Абдуразака Шахбанова, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Аннотация. В условиях глобального потепления климата изменяются условия функционирования аридных территорий, что способствует деградации почв и растительного покрова. В настоящее время процессы опустынивания пастбищ на территории Дагестана связаны с тенденцией к увеличению площади деградированных пастбищных угодий. Особое беспокойство вызывают состояние пастбищ, где пески в результате эолового переноса покрывают поля, дороги, территорию населенных пунктов. Геоинформационный анализ опустыненных земель позволяет определить современное состояние и установить пространственное размещение участков опустынивания на территории исследований, а также определить комплекс природных и антропогенных факторов, негативно влияющих на состояние пастбищ. Целью исследования являлось выявление современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ. Район исследований отобран на основании предварительного изучения космоснимков агроландшафтов, подверженных процессам опустынивания. В работе приведены результаты геоинформационной оценки современного состояния опустыненных земель полупустынной зоны Кизлярских пастбищ и полевых исследований в 2023 г. При этом проведено геоинформационное картографирование тестовых полигонов, выделены тестовые участки для проведения полевых исследований и разработаны их фотоэталон, определен состав растительных сообществ и установлены их характеристики, определена степень деградации земель. Установлено, что основным типом деградации пастбищ является их сбой при выпасе скота, и как результат, развитие процессов дефляции, большие площади подвержены засолению. Полученные материалы могут быть использованы для геоинформационного анализа состояния земель и динамики их опустынивания на территории Республики Дагестан.

Ключевые слова: опустынивание, аридная зона, геоинформационный анализ, деградация, пастбища, полигон, ландшафт, фотоэталон.

Финансирование. Работа выполнена в рамках реализации инновационного проекта государственного значения «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезе, включая борьбу с опустыниванием» (соглашение № 169-15-2023-001 от 01.03.2023 г.).

Цитирование. Теймуров С. А., Казиев М.-Р. А., Ибрагимов К. М. Оценка современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 37-44. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.005.37-44

Поступила в редакцию: 08.04.2024

Принята к печати: 07.06.2024

Введение. Актуальность исследований обусловлена тем, что процессы опустынивания приводят к развитию негативных последствий как экологических, так и социально-экономических в Ногайском, Тарумовском и Кизлярском районах. Наиболее ярко все эти негативные воздействия опустынивания проявились в Кочубейской зоне отгонного животноводства, где из-за увеличения интенсивности и частоты пыльных и песчаных бурь нанесен большой ущерб. Почвенные условия обусловлены наличием обширных песчаных массивов, светлокаштановых и бурых почв в комплексе с солонцами, а также солончаков. Растительность по типологическому составу неоднородна, комплексна, характеризуется низкорослостью, изреженностью

травостоев, преобладают засухоустойчивые и солевыносливые виды, а также устойчивые к выпасу, представленные многолетними травянистыми и полукустарниковыми видами эфемерами и эфемероидами.

В настоящее время отмечается снижение продуктивности и видового разнообразия растительных сообществ в зоне Кизлярских пастбищ, что определяет увеличение степени их деградации. За последние 40-50 лет урожайность кормовых угодий снизились здесь с 5-7 ц комовых единиц до 0,5-1,0 ц с одного гектара [4].

Основными причинами сложившегося положения являются воздействия природных и антропогенных факторов. К зонам чрезвычайной

экологической ситуации относится территория с материковыми песками (Терско-Кумские пески). В результате дефляции образуется движение песков, которые покрывают земли отгонного животноводства, сокращая их площади и нанося ущерб пастбищным угодьям. Отсутствие гарантированного водообеспечения на пастбищах привело к перемещению зон выпаса скота на другие территории, увеличению пастбищной нагрузки и, как следствие, к опустыниванию этих земель. Отсутствие регулирования выпаса на территории Кизлярских пастбищ, превышение норм выпаса привело к образованию новых и увеличению площади старых очагов опустынивания.

В результате затяжных пыльных и песчаных бурь за последние 2021-2022 годы в северной части Кочубеевской зоны Кизлярских пастбищ покрылись движущимися песками около 300 тыс. га земель зимних пастбищ [3; 5; 7]. С таким природным явлением столкнулись и другие регионы юга Европейской России, что не позволяет в полной мере использовать потенциал в части развития животноводства [8; 16].

Фитомелиоративные мероприятия, проведенные ранее по закреплению песчаных массивов, в настоящее время не могут обеспечить нормативную продуктивность и устойчивость пастбищ к сбою, хрупкая экосистема с несформировавшимся почвенным покровом и бедно разнотравным фитоценозом должна быть подкреплена соответствующими фитомелиоративными мероприятиями.

В связи с чем задача активной борьбы с опустыниванием на Черных землях и Кизлярских пастбищах обусловила необходимость проведения комплексного мониторинга аридных зон Северо-Западного Прикаспия, инвентаризации угодий на Черных землях и Кизлярских пастбищах и корректировки по их результатам Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ 1986 года [10]. Главная причина усиления деградации растительного покрова – это нерациональное использование и бессистемный выпас, который всё еще требует своего решения наряду с приемами агролесомелиорации и фитомелиорации [2; 11; 13].

Система мониторинга осуществляется на глобальном (государство), региональном (регион) и локальном уровнях (хозяйство, отдельные поля или их группы). Изменение состояния экосистем на региональном уровне протекает медленнее, чем в пределах одного поля, что определяется детальным описанием методического подхода для получения полной оценки [6]. Локальный мониторинг предполагает ежегодную оценку состояния окружающей среды для принятия решений по необходимым восстановительным мероприятиям (мелиоративных, противоэрозионных, фитомелиорации и пр.) [14, 15; 17].

Применение методов оценки пастбищ с применением ГИС-технологий по определению их состояния, а также видового состава растительных

сообществ в условиях степной и полупустынной зон [9], дает возможность получить объективную информацию о степени деградации земель.

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан, объем фитомелиоративных мероприятий, выполняемых в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, утвержденной 14 мая 2021 г. №731, в настоящее время составляет около 4 тыс. га в год, что не позволяет решать задачи по предотвращению процессов деградации и опустынивания в полном объеме. Поэтому вопрос о проблемах опустынивания земель на севере Республики Дагестан был вынесен для обсуждения в Совет Федерации России весной 2022 года и послужил толчком к рассмотрению этой чрезвычайно острой проблемы в федеральных органах исполнительной власти, в результате чего Правительством России утверждено задание на разработку специальной федеральной программы по борьбе с опустыниванием земель.

Правительством Российской Федерации (распоряжение № 2515-р от 2 сентября 2022 г.) утвержден важнейший инновационный проект государственного значения, направленный на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ. В рамках реализации данного проекта намечена разработка Национальных программ действий по борьбе с опустыниванием территорий (НПДБО) для 13 субъектов Российской Федерации, в т.ч. и для Республики Дагестан.

Цели исследования – выявление современного состояния опустыненных земель Кизлярских пастбищ с помощью геоинформационного анализа.

Материалы и методика исследований. При проведении исследований территориальных объектов, подверженных процессам деградации и опустынивания, использованы единые методические подходы (согласно №05-2/ВИП ГЗ от 18.05.2023 г.), разработанные Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), которые осуществляются на основании предварительного изучения аэроснимков и материалов космической съемки деградированных агроландшафтов [12].

Полевые исследования были проведены в 2023-2024 гг. на территории Республики Дагестан по заданным географическим координатам на 2-х тестовых полигонах: Ногайский район – 5 участков и Тарумовский район – 2 участка. В каждом полигоне выделяли тестовые участки – минимальные по размерам площади, содержащие различающиеся между собой компоненты ландшафта, которые можно адекватно выявить на изображениях, характеризовать и экстраполировать в пределах полигонов. Площадь тестовых участков должна составлять не менее 5 % площади полигона.

В полевых условиях проведены обследования и геоботанические описания растительности (включая видовое разнообразие), используя пособие (Полевая геоботаника / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1972. Т. 4. 336 с.), собраны общие сведения о полигоне, проведены лабораторные исследования состояния почв, обследования эталонов степени деградации почв и растительности. Методом тестовых участков (полигонов) проводились исследования территории с типичными видами растительных сообществ и с характерными элементами рельефа, почв и других компонентов физико-географической среды, а также использование определителя растений через специализированный интернет-портал «Плантариум» (<https://www.plantarium.ru/>). Методика отбора почвенных образцов – по ГОСТ Р 58595-2019 (Национальный стандарт РФ).

На каждый тестовой участок, на котором проводилось эталонирование, составлялись идентификационные таблицы полигона, в которые заносились данные по геоботаническому описанию растительности (включая видовое разнообразие), географической и ландшафтной характеристике, климатической характеристике, состоянию и степени деградации почв и растительности.

Фотоэталонные при полевых исследованиях получали методом ортогональной или панорамной съемки с определением спектров отраженного излучения по эталонным снимкам. В ходе компьютерной обработки материалов (MapInfo, NextGIS QGIS) и ряда методик [19] был получен космоснимок полигона и преобразован в космокарту для геоинформационного анализа подверженных деградации земель Кизлярских пастбищ, разработано во ВНИАЛМИ [20].

Источниками аэрокосмической информации для геоинформационного анализа являются космоснимки, получаемые со спутников «WorldView 3, 4», «Sentinel 2», «Landsat-8, 9», «Канопус 2». Слои локальной ГИС динамики опустынивания арид-

ных территорий составляются по разновременным снимкам. Пространственно-временной анализ территории исследований по космоснимкам дает возможность выявить изменения площади и пространственного положения участков деградации для последующего моделирования состояния, функционирования и динамики процессов опустынивания территорий. Методические основы таких исследований приведены в работах К.Н. Кулика, В.Г. Юферева [11; 19].

Результаты исследований и их обсуждение. Для региона Кизлярских пастбищ оценка уровня деградации осуществлялась по среднестатистическим значениям фототона изображения поверхности, отнесенной при дешифровании к пастбищам. Принадлежность территории к пескам определялась по наличию светлых и белых пятен (очаг дефляции). Водная поверхность, пашня и пойма в учет площадей пастбищ не брались. Солончаки (ограниченно используемые в качестве пастбищ) были выделены в отдельную группу, которая включена в площадь опустынивания [18].

Дистанционное зондирование дает возможность организовать мониторинг состояния пастбищ на значительной площади, при этом обеспечивается уменьшение объема наземных исследований, экономическая эффективность и научная достоверность исследований [1]. На основании картографо-аэрокосмического мониторинга пастбищ и компьютерной обработки космоснимков региона исследования (представлены ФНЦ агроэкологии РАН) составлены геоинформационные слои: обзорная космокарта Кизлярских пастбищ; космокарты и тематические карты уровней деградации пастбищ по административным районам, отнесенным к региону исследования [4]. Распространение процессов опустынивания на территории Республики Дагестан связано как с увеличением площадей открытых песков в результате песчаных и пыльных бурь, так и с большим количеством засоленных участков в Ногайском, Тарумовском и Кизлярском районах (рис. 1).

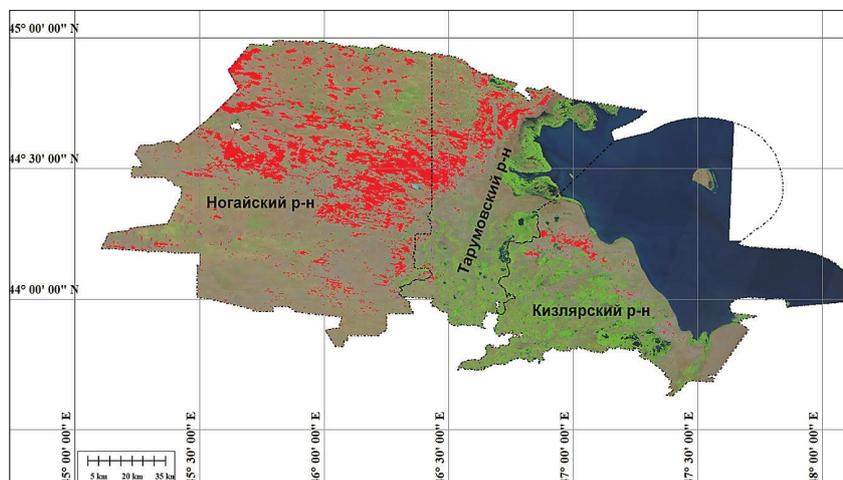


Рисунок 1. Карта расположения участков опустынивания на территории Республики Дагестан (состояние на 2022 г.)

Таблица. Площади деградации по муниципальным районам Кизлярских пастбищ (2022 г.)

Муниципальный район	Площадь района, га	Площадь опустынивания, га
Ногайский	887113	129265
Тарумовский	310902	33495
Кизлярский	30474	6980

В таблице представлена площадь опустыненных земель (как занятых песками, так и засоленных) по состоянию на 2022 год (по данным ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград), общая площадь составила почти 170 тыс. га. В 2023-2024 гг. проведена закладка тестовых полигонов для полевых исследований состояния почв и растительности (включая видовое разнообразие), разработка эталонов степени их деградации и верификации данных дистанционных исследований опустынивания территории Республики Дагестан.

Для составления паспортов мониторинговых полигонов были собраны общие сведения о полигонах мониторинга опустынивания, включающие географическую, ландшафтную и климатическую характеристику.

При закладке тестовых полигонов проведено визуальное определение состояния почв и растительности (включая видовое разнообразие). Проективное покрытие растительностью на участке №1 составило 35 %, доминантное растение – верблюжья колючка; на участке №2 – калоцефалус

Брауни (41 %) и дурнишник колючий (37 %); на участке №3 – калоцефалус Брауни (33 %) и верблюжья колючка (28 %); на участке №4 – полынь таврическая и высокая (по 42 %); на участке № 5 – клевер луговой (25 %); на участке № 6 – полынь Шмидта (35 %); на участке №7 – калоцефалус Брауни (31 %) и полынь высокая (28 %).

По каждому участку составлена карта полигона мониторинга, фотоэталон ландшафтов и гистограммы распределения пикселей на фотоэтalone участка в режиме «Цвета». Выявление распределения пикселей по гистограммам дает возможность идентифицировать диапазон фототона и соотнести его с определенными объектами, отображаемыми на снимках (рис. 2-4). Представим характеристики двух показательных участков.

Полигон 1: Ногайский район. Участок №1.

Проведено обследование эталонов степени деградации почв и растительности по заданным географическим координатам (44.796589, 46.297862) на тестовом участке №1, расположенном на тестовом полигоне №1 Ногайского района (рис. 2).

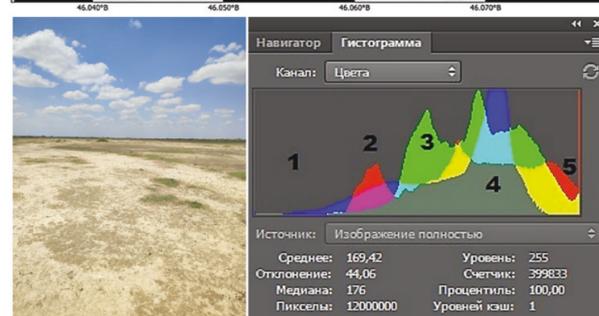
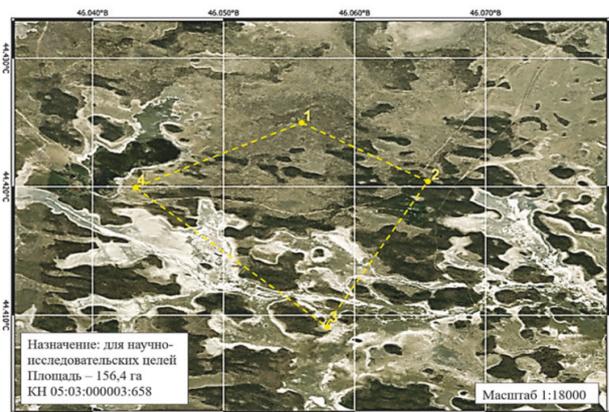
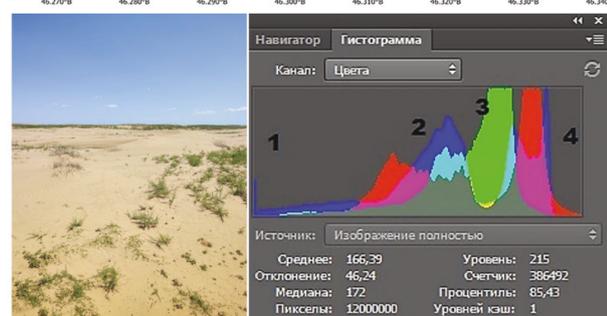
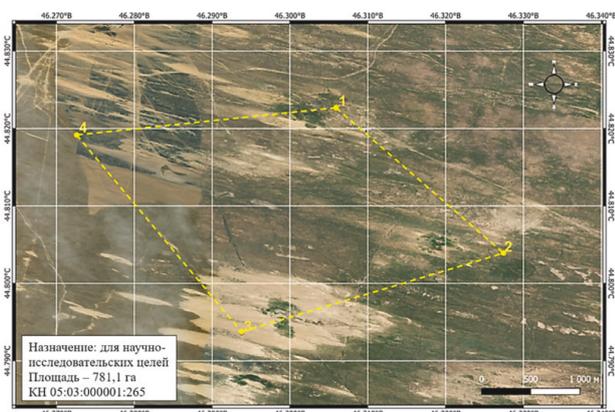


Рисунок 2. Карта тестового участка «Ногайский 1» (полигон Ногайский район, Дагестан); фотоэталон; гистограмма распределения пикселей на фотоэтalone в режиме «Цвета»: 1 – диапазон фототона растительности; 2 – диапазон фототона неба; 3 – диапазон фототона песчаного массива; 4 – диапазон фототона тени

Рисунок 3. Карта тестового участка «Солончаки 4» (полигон Ногайский район, Дагестан); фотоэталон; гистограмма распределения пикселей на фотоэтalone в режиме «Цвета»: 1 – диапазон фототона растительности; 2 – диапазон фототона неба; 3 – диапазон фототона песчаного массива; 4 – диапазон фототона тени

Полигон расположен в Терско-Кумской подпровинции Ногайского района, полупустынная зона, эолово-аллювиальная равнина. Ландшафтный район – район Кумских волнисто-грядовых, местами развеваемых песков и лугово-болотных супесчаных неподверженных эрозии почв, расположенный в северной части Терско-Кумской полупустыни.

Почва: песчаная слабосолончаковатая, развеваемая в сочетании с песками закрепленными.

Почвообразующая порода: массивы развеваемых песков, характеризующиеся наличием мощных песчаных отложений с активным проявлением эоловых процессов. Морфологическое строение горизонта 0,25 м: окраска палевая; сложение рыхлое. Механический состав: песчаный с высоким содержанием фракции мелкого песка, содержание крупной пыли в песчаной почве – 3,1 %, физической глины 3,8 %. Содержание химического анализа в горизонте 0,25 м составило: гидролизуемого азота – 2,8 мг/100 г почвы (очень низкое); подвижного фосфора – 1,8 мг/100 г почвы (среднее); обменного калия – 37,5 мг/100 г почвы (повышенное); гумуса – 1,03 (очень низкое). Содержание легкорастворимых солей: тип засоления – сульфатный. Величина плотного остатка – 0,181 %. Степень засоления – слабозасоленная. Сумма вредных нейтральных солей – 1,28 мг-экв/100 г почвы. Величина реакции почвенного раствора pH = 7,1 (слабощелочная). Емкость поглощения – 20,0 мг-экв/100 г почвы. Степень деградации участка – дефляция.

Структура и типы растительности: степная и полупустынная растительность – злаково- и прутняково-злаково-белополынные ассоциации в сочетании с таврическо-полынными и камфоросмовыми ассоциациями; песчаные степи разнотравно-кубанковые (*Agropyron sibirie* + псаммофитное разнотравье в сочетании с белополынниками и зарослями джужгуна (*Calligonum aphyllum*) и гребенщика. Состав растительности по проектному покрытию: дурнишник колючий (*Xanthium spinosum*) – 13 %, тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – 8 %, лопух большой (репейник обыкновенный) – 9 %, крестовник обыкновенный (*Senecio*) – 12 %, чертополох колючий (акантолистный) (*Carduus acanthoides*) – 15 %, осот колючий (острый) (*Sonchus asper* L.) – 8 %, верблюжья колючка (яндак) (*Alhagi Gagnebin*) – 35 %. Доминант растительности на исследуемом участке – верблюжья колючка (35 %). Классификация ассоциаций растений песчаных сред Терско-Кумской низменности по Л. Г. Раменскому с соавторами (Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.).

Уклон рельефа участка – min: -2° или -4 %, max: 2° или 3 %. Высота рельефа участка над уровнем моря и перепад высот климатического полигона – min: -17, max: -12, перепад: 5 м. Влажность почвы (0-40 см) – min: 2 %, max: 3 % (на 12.06.2023

г.). Температура почвы – min: 22 °С, max: 24 °С (на 12.06.2023 г.). (крутизна в градусах, уклон в %).

Полигон 1: Ногайский район. Участок №4.

Проведено обследование эталонов степени деградации почв и растительности по заданным географическим координатам (44.419467, 46.056476) на тестовом участке №4, расположенном на тестовом полигоне №1 Ногайского района (рис. 3).

Полигон расположен в Терско-Кумской подпровинции Ногайского района полупустынной зоны, эолово-аллювиальная равнина. Ландшафтный район – район луговых солончаков лугово-каштановых среднесуглинистых почв центральной части Терско-Кумской низменности, район солончаковой впадины, где чередуются возвышения, вытянутые понижения и соленые озера (шоры).

Почва: солончак луговой, тяжелосуглинистый. Почвообразующая порода: аллювиальные суглинки, глины и супеси. Морфологическое строение горизонта 0,25 м: окраска серовато-оливковая; сложение плотное. Механический состав тяжелосуглинистый с высоким содержанием фракции мелкого песка; содержание крупной пыли в тяжелых суглинках – 16,8 %, физической глины 35,2 %. Содержание химического анализа в горизонте 0,25 м составило: гидролизуемого азота – 1,4 мг/100 г почвы (очень низкое); подвижного фосфора – 2,30 мг/100г почвы (среднее); обменного калия – 48,0 мг/100 г почвы (высокое); гумуса – 0,62 % (очень низкое). Содержание легкорастворимых солей: тип засоления – хлоридно-сульфатный. Величина плотного остатка – 0,826 %. Степень засоления – сильнозасоленная. Сумма вредных нейтральных солей – 9,97 мг-экв/100г почвы. Величина реакции почвенного раствора pH = 8,8 (сильнощелочная). Емкость поглощения – 24,0 мг-экв/100 г почвы. Степень деградации участка – засоление.

Структура и типы растительности: пустынная растительность – многолетне- и однолетнесолянковые комплексы ассоциаций сарсазана – *Halocnemum strobilaceum* – с ассоциациями петросимоний, обионы (*Atriplex verruciter*) и др., в сочетании с пятнами голых солончаков; солончаки и соленые озера с узкой кромкой из сарсазана и других галофитов. Состав растительности по проектному покрытию: полынь таврическая (крымская) (*Artemisia taurica Willd*) – 42 %, полынь высокая (*Artemisia abrotanum*) – 40 %, молочай полевой (*Euphorbia agraria* M. Bieb.) – 18 %. Доминант растительности на исследуемом участке – полынь таврическая (42 %). Уклон рельефа участка – min: -2° или -3 %, max: 2° или 4 %. Высота рельефа участка над уровнем моря и перепад высот климатического полигона – min: -15, max: -8, перепад: 7 м. Влажность почвы (0-40 см) – min: 9 %, max: 10 % (на 14.06.2023 г.). Температура почвы – min: 22°С, max: 24°С (на 14.06.2023 г.).

Таким образом, применение современных технологий (компьютерная обработка, дистанционные спутники, цифровые камеры, GPS навигации)



Рисунок 4. Представлены виды других тестовых участков, характеризующих различные степени деградации

позволяют получить фотозаталоны об объекте исследования, которые будут использованы в качестве идентификатора деградации пастбищ и сенокосов, расположенных на территории полупустыни в зоне Кизлярских пастбищ.

Заключение. Геоинформационный анализ опустынивания земель позволил повысить достоверность результатов исследований и точность картографирования участков опустынивания с использованием космоснимков.

Площадь опустыненных земель (как занятыми песками, так и засоленных) составляет 170 тыс. га. Исследования показали, что полученные данные по проективному покрытию растительности на участке №1 составили 35 %, доминантное растение – верблюжья колючка и степени деградации – дефляция; на участке №4 – полынь таврическая и высокая (по 42 %), засоление.

Картографирование обеспечивает системность в изучении динамики процессов опустынивания, выявление параметрических характеристик участков, дает возможность провести оценку состояния земель и динамику процессов их деградации. Деградация почв и растительного покрова полупустынной зоны является определяющим фактором опустынивания Кизлярских пастбищ.

Полученные при проведении геоинформационного анализа данные о степени деградации пастбищных угодий могут быть использованы для поиска новых способов восстановления пастбищ на территории Республики Дагестан.

Литература:

1. Бакланов А. И. Новые горизонты космических систем оптико-электронного наблюдения Земли высокого разрешения // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. Т. 5. № 3. С. 17-28. DOI 10.30894/issn2409-0239.2018.5.3.17.28
2. Биарсланов А. Б., Шинкаренко С. С., Гаджиев И. Р. Картографирование и анализ сезонной динамики площадей опустынивания на севере Дагестана по ежемесячным композитам Sentinel 2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. №1. С. 160-175. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-160-175
3. Бобков Д. А., Никифоров А. И., Мухлынин Д. Н. Российский опыт и особенности правового регулирования лесомелиоративных насаждений (лесополос) на землях сельскохозяйственного назначения // Аграрное и земельное право. 2020. № 8(188). С. 65-67.

4. Гамидов И. Р., Теймуров С. А., Ибрагимов К. М., Умаханов М. А. и др. Агроэкологические аспекты улучшения опустыненных Чёрных земель и Кизлярских пастбищ. – Махачкала: Piso-Press, 2018. 226 с. DOI: 10.18411/TSA.2018.07.015

5. Дубенок Н. Н., Танюкевич В. В., Михин В. И., Кулик А. В., Хмелева Д. В., Кваша А. А. К вопросу о проведении инвентаризации защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения (на примере Ростовской области) // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2020. № 4. С. 61-71. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.4.06.

6. Иванцова Е. А., Комарова И. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 357-366. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-37

7. Материалы совместного заседания межведомственного координационного совета РАН по исследованиям в области агропромышленного производства и комплексного развития сельских территорий и Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию. М.: РАН, 2023. 94 с.

8. Кулик К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 С. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13

9. Кулик К. Н. Картографо-геоинформационное обеспечение ландшафтно-экологических исследований // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия: 11. Естественные науки. 2011. № 2 (2). С. 76-81. https://elibrary.ru/download/elibrary_21090447_95668313.pdf

10. Кулик К. Н., Петров В. И., Рулёв А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Аридные экосистемы. 2018. №1 (74). С. 5-12.

11. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. Т. 19. 2013. №3(56). С. 87-94. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20276209_82828042.pdf

12. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах Юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 4. С. 12-25. https://elibrary.ru/download/elibrary_12982648_18472878.pdf

13. Манаенков А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. – Волгоград: Издательство ВНИАЛМИ, 2014. 420 с.

14. Мушаева К. Б. Оценка современного состояния агропастбищных ландшафтов полупустынной зоны Республики Калмыкия с применением ГИС-технологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия: 11. Естественные науки. 2015. №1(11). DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.1.11>.

15. Новочадов В. В., Рулев А. С., Юферев В. Г., Иванцова Е. А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. Т. 1. № 53. С. 151-158. DOI: [10.32786/2071-9485-2019-01-19](https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-19).

16. Пышьева Е. С. Государственно-правовое регулирование использования и охраны защитных лесных насаждений в сельском хозяйстве // Актуальные проблемы российского права. 2022. Т. 17. № 5. С. 214-231. DOI: [10.17803/1994-1471.2022.138.5.214-231](https://doi.org/10.17803/1994-1471.2022.138.5.214-231).

17. Саидов А. К. Опустынивание почв водно-аккумулятивных равнин аридных областей Юга России (на

примере почв Кизлярских пастбищ Дагестана). – Махачкала: Наука-Махачкала, 2010. 262 с.

18. Теймуров С. А. Цифровая технологическая оценка состояния деградации Кизлярских пастбищ и Черных земель по картографированию ландшафтно-пастбищных комплексов / Сборник научных трудов I Всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в АПК: состояние, потенциал и перспективы развития», 2019. С.72-78.

19. Юферев В. Г., Беляев А. И., Синельникова К. П. Опустынивание земель сельскохозяйственного назначения в Черноземельском районе Калмыкии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 465-473. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50237899_20096108.pdf

20. Юферев В. Г., Кулик К. Н., Рулев А. С., Бакурова К. Б. Способ определения состояния пастбищ, подверженных деградации. Заявитель ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии. № 2006112379 / 28; заявл. 13.04.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17; приоритет от 13.04.2008.

DOI: [10.34736/FNC.2024.125.2.005.37-44](https://doi.org/10.34736/FNC.2024.125.2.005.37-44)

Assessment of the Kizlyar Pastures Desolate Lands Current State

Samir A. Tejmurov✉, e-mail: samteim@rambler.ru, Cand. Sci. (Agr.), Leader Researcher, Head of the Laboratory of Agro-soil Science and Land Reclamation, ORCID 0000-0002-0336-7380

Magomed-Rasul A. Kaziev, Dr. Sci. (Agr.), Chief Researcher, Head of the Agro-landscape agriculture Department, ORCID 0000-0002-6929-9034

Kazakmurza M. Ibragimov, Cand. Sci. (Agr.), Leader Researcher, Laboratory of Agro-soil Science and Land Reclamation, ORCID 0000-0002-9141-1432 –

Dagestan Agriculture Science Center, e-mail: info@fancrd.ru, 367014, Nauchnyj gorodok microdistrict, Abdurazak Shakhbanov's st., Makhachkala city, Republic of Dagestan, Russia

Abstract. In the context of global climate warming, the conditions of functioning of arid territories are changing, which lead to soils and vegetation cover degradation. Currently, the processes of Dagestan pastures desertification are associated with a tendency to increase the area of degraded pasture lands. Of particular concern is the condition of pastures, where sands cover fields, roads, and the territory of settlements as a result of aeolian transport. Geoinformation analysis of desolate lands allows us to determine the current state and establish the spatial location of desertification sites in the research area, as well as to determine the complex of natural and anthropogenic factors that negatively affect the state of pastures. The purpose of the study was to identify the current state of the Kizlyar pastures desolate lands. The research area was selected based on a preliminary study of agricultural landscapes satellite images exposed to desertification processes. The paper presents the results of the current state of the Kizlyar pastures in the desolate lands of the semi-desert zone geoinformation assessment and field research in 2023. At the same time, geoinformation mapping of test polygons was carried out, test sites for field research were identified and their photo ranges were developed. Also the composition of plant communities was determined and their characteristics were established, the degree of land degradation was

determined. It has been established that the main type of degradation of pastures is their trampling during grazing, and as a result, the development of deflation processes is observed and large areas are exposed to salinization. The obtained materials can be used for geoinformation analysis of the state of lands and their desertification dynamics in the territory of the Republic of Dagestan.

Keywords: desertification, arid zone, geoinformation analysis, degradation, pastures, landfill, landscape, photo reference

Funding. The work was carried out within the framework of the implementation of the most important innovative project of national importance “Expansion of the system of climate and environmental monitoring and forecasting in the territory of the Russian Federation in order to provide adaptation solutions in the sectoral and regional sectors, including the combating against pollution” (Agreement No. 169-15-2023-001 dated 03/01/2023).

Citation. Tejmurov S. A., Kaziev M-R. A., Ibragimov K. M. Assessment of the Kizlyar Pastures Desolate Lands Current State. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):37-44.

DOI: [10.34736/FNC.2024.125.2.005.37-44](https://doi.org/10.34736/FNC.2024.125.2.005.37-44)

Received: 08.04.2024

Accepted: 07.06.2024

References:

1. Baklanov A. I. New horizons of high-resolution optical-electronic Earth observation space systems. *Raketno-kosmicheskoe priboroostroenie i informatsionnye sistemy = Rocket-Space Device Engineering and Information Systems*. 2018;5(3):17-28. (In Russ.). DOI: 10.30894/issn2409-0239.2018.5.3.17.28
2. Biarslanov A. B., Shinkarenko S. S., Gadzhiev I. R. Mapping and analysis of desertification areas seasonal dynamics in the north of Dagestan by monthly Sentinel 2 composites. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2023;20(1):160-175. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-160-175
3. Bobkov D. A., Nikiforov A. I., Mukhlynin D. N. Russian experience and peculiarities in forest reclamation plantations (forest belts) on agricultural lands legal regulation. *Agrarnoe i zemel'noe pravo*. 2020;8(188):65-67. (In Russ.)
4. Gamidov I. R., Teimurov S. A., Ibragimov K. M., Umakhanov M. A. [et al.]. Agroecological aspects of the desolate Black lands and Kizlyar pastures improvement. Makhachkala. Piso-Press Publ. house. 2018. 226 p. (In Russ.). DOI: 10.18411/TSA.2018.07.015
5. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Mikhin V. I., Kulik A. V., Khmeleva D. V., Kvasha A. A. On the issue of carrying out an inventory of protective forest plantations on agricultural lands (on the example of the Rostov Region). *Lesokhozyaistvennaya informatsiya = Forestry Information: web periodical*. 2020;4:61-71. (In Russ.). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.4.06
6. Ivantsova E. A., Komarova I. A. The use of geoinformation technologies and satellite images for the agricultural landscapes analysis. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;2(62):357-366. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-37
7. Materials of the joint meeting of the Interdepartmental Coordinating Council of the Russian Academy of Sciences on research in the field of agro-industrial production and integrated rural development and the Committee of the Federation Council on Agrarian and Food Policy and Environmental Management. Moscow. RAS Publ. house. 2023. 94 p. (In Russ.)
8. Kulik K. N. The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and land desertification. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3:8-13. (In Russ.). DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13
9. Kulik K. N. Cartographic and geoinformation support for landscape and environmental research. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: 11. Estestvennye nauki*. 2011;2(2):76-81. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_21090447_95668313.pdf
10. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. On the 30th anniversary of the «General Scheme to combat desertification of Black Lands and Kizlyar pastures». *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2018;1(74):5-12. (In Russ.)
11. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of desertification foci in the Astrakhan Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2013;19-3(56):87-94. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20276209_82828042.pdf
12. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Remote cartographic assessment of degradation processes in agricultural landscapes of the South of Russia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2009;4:12-25. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_12982648_18472878.pdf
13. Manaenkov A. S. Forest reclamation of arid zone arenas. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2014. 420 p. (In Russ.)
14. Mushaeva K. B. Assessment of the current state of agro-pastoral landscapes in the semi-desert zone of the Republic of Kalmykia using GIS technologies. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: 11. Estestvennye nauki*. 2015;1(11). (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.1.11>
15. Novochadov V. V., Rulev A. S., Yuferev V. G., Ivantsova E. A. Remote studies and mapping of anthropogenically transformed territories of the South of Russia situation. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2019;1(53):151-158. (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-19
16. Pysh'eva E. S. State legal regulation of the protective forest plantations use and protection in agriculture. *Aktual'nye problemy rossijskogo prava = Actual Problems of Russian Law*. 2022;17(5):214-231. (In Russ.). DOI: 10.17803/1994-1471.2022.138.5.214-231
17. Saidov A. K. Desertification of the water-accumulative plains soils in arid regions of Southern Russia (on the example of Kizlyar pastures of Dagestan soils). Makhachkala. Nauka-Makhachkala Publ. house. 2010. 262 p. (In Russ.)
18. Teimurov S. A. Digital technological assessment of the Kizlyar pastures and Black lands degradation state by landscape and pasture complexes mapping / Compilation of scientific papers of the I All-Russian scientific and practical conference «Tsifrovye tekhnologii v APK: sostoyanie, potentsial i perspektivy razvitiya». 2019. pp. 72-78. (In Russ.)
19. Yuferev V. G., Belyaev A. I., Sinel'nikova K. P. Desertification of agricultural lands in the Chernozemelsky district of Republic of Kalmykia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022;4(68):465-473. (In Russ.). Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50237899_20096108.pdf
20. Yuferev V. G., Kulik K. N., Rulev A. S., Bakurova K. B. A determining method for subjected to degradation pastures condition. Declarant: GNU VNIALMI Rossel'khozakademii. No 2006112379 / 28; declared: 13.04.2006; publ.: 20.06.2008, Bull. No 17; priority from 13.04.2008. (In Russ.)

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 633/635:631.52

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.006.45-51

Семеноводство люцерны в условиях лесостепной зоны Чеченской республики

Магомед Шааранович Абасов✉, e-mail: shaaman79@yandex.ru, с.н.с., ORCID: 0000-0003-4050-8637

Магомед Шиблуевич Гаплаев, д.с.-х.н., профессор, директор, ORCID: 0000-0001-6638-6397

Шаарани Мусаевич Абасов, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0009-0000-3705-9514

Руслан Хамзатович Бекбулатов, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0009-0009-6148-7741

Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, e-mail: chechniish@mail.ru, 366021, Байсангуровский р-н, ул. Лиловая 1, г. Грозный, Россия

Аннотация. В конце прошлого века семеноводством люцерны на юге страны занимались предприятия, расположенные в степных районах. В лесостепной зоне наблюдалось израстание посевов из-за переувлажнения. В последнее время вследствие наблюдаемого глобального потепления, лесостепная зона Чеченской Республики стала более благоприятной для производства семян люцерны по агроклиматическим характеристикам. В степных районах производство семян стало менее эффективным из-за необходимости стабильного орошения. Разработка приемов повышения семенной продуктивности люцерны на основе выращивания семян в условиях лесостепной зоны путем подбора оптимальных способов и норм высева, применения соответствующих агротехнических мер по уходу за посевами является актуальной проблемой. Целью настоящей работы являлось совершенствование технологии возделывания люцерны, разработка научно обоснованных приемов повышения семенной продуктивности люцерны в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики. Впервые в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики проведены исследования на посевах люцерны изменчивой сорта Фея Краснодарской селекции, где гидротермический коэффициент в среднем составлял 0,8-1,2. Почва опытного участка – чернозем типичный среднемошный, подстилаемый галечником, рН 6,9. Содержание гумуса – среднее, запасы азота средние, фосфора – небольшие, калия – высокие. Опыт двухфакторный, изучались способы и нормы посева люцерны. В результате исследований выявлено существенное влияние обоих факторов на рост, развитие и семенную продуктивность люцерны. Установлено положительное влияние минимальной нормы высева (1,0 млн шт/га) на посевах люцерны с междурядьями 45 см. Положительные результаты исследований в 2018-2020 годах указывают на возможность выращивания семенных посевов люцерны в более благоприятных условиях лесостепной зоны Чеченской Республики.

Ключевые слова: люцерна, семенная продуктивность, ширина междурядий, норма посева, густота посевов, структура урожая, погодные условия.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания «Разработать систему семеноводства люцерны на базе инновационных технологий производства высококачественных семян с учетом почвенно-климатических условий Чеченской Республики» № FNME-2022-0005 ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

Цитирование. Абасов М. Ш., Гаплаев М. Ш., Абасов Ш. М., Бекбулатов Р. Х. Семеноводство люцерны в условиях лесостепной зоны Чеченской республики // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 45-51. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.006.45-51

Поступила в редакцию: 15.04.2024

Принята к печати: 10.06.2024

Введение. Люцерна – одна из наиболее ценных кормовых бобовых трав. Это высокопродуктивная многолетняя и адаптивная к разнообразным природным условиям культура. За счет клубеньковых бактерий она способна фиксировать из воздуха 100–200 кг/га азота, обеспечивая воспроизводство плодородия. Люцерна улучшает и защищает почву благодаря своей мощной и многолетней корневой системе [12]. Корневые и пожнивные остатки люцерны равноценны внесению 40–60 т/га навоза [6].

Значению семеноводства уделялось и уделяется серьезное внимание на государственном уровне, о чем свидетельствует Указ Президента, изданный в 2016 году [1]. Ведущие ученые страны считают, что для успешного репродуктивного люцерны в

России ежегодно необходимо производить 27-36 тыс. т люцерны. Потребность в семенах в настоящее время выполняется всего на треть [5; 7; 8].

Семеноводством люцерны усиленно занимаются от западных окраин России до Дальнего Востока. К сожалению, погодноклиматические условия этих регионов мало способствуют стабильному получению семян люцерны. Для эффективного выращивания семян люцерны по-прежнему остается юг России, в частности Чеченская Республика, где в конце 80-х годов прошлого века многие хозяйства, входящие в систему НПО «Гикаловское», успешно занимались производством семян люцерны по общесоюзной программе. В результате семенами люцерны стали обеспечиваться регионы вплоть до Урала [2].

Следует отметить, что основное семеноводство в то время велось в степных районах республики с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,6 – 0,8. В лесостепной зоне, где ГТК 1,1-1,3, люцерна подвергалась израстанию посевов из-за переувлажнения. В результате глобального потепления, наблюдаемого в последнее время, лесостепная зона республики стала более пригодной для производства семян люцерны. ГТК в среднем снизился до единицы. В степных районах производство семян стало невозможным без стабильного орошения.

На начальном этапе семеноводства любой культуры особое внимание уделялось значению густоты посевов. Поскольку ареал распространения люцерны обширен, а семенная продуктивность в сильной степени зависит от погодных-климатических условий, показатели норм высева, рекомендуемые исследователями, слишком разбросаны.

Поэтому разработка приемов повышения семенной продуктивности люцерны на основе уточнения оптимальных норм и способов посева, применения агротехнических мер по уходу за посевами, является актуальной проблемой.

Многочисленными исследованиями, проведенными в различных природно-климатических зонах, установлена тесная связь продуктивности травостоев люцерны с количеством растений на единице площади и доказано преимущество ширококорядных посевов с междурядьями от 45 до 70 см и пониженной нормой высева [3; 4]. Высокие урожаи семян люцерны получают при формировании в среднем 180-220 генеративных стеблей на 1 м² посева, образованием на одном генеративном стебле от 12 до 20 кистей с бобами. Норма высева может варьировать от 1,0 до 4,0 млн шт/га всхожих семян. В разреженных посевах есть возможность эффективнее вести борьбу с вредителями, болезнями и сорняками. Возрастает эффективность опыления посевов насекомыми, благодаря возможности посещать соцветия во всех ярусах [9; 10; 11].

Целью настоящей работы являлось совершенствование технологии возделывания люцерны, разработка научно обоснованных приемов повышения семенной продуктивности люцерны в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики.

Для достижения поставленной цели решалась задача:

- установить особенности формирования репродуктивных органов и урожайности семян нового перспективного сорта люцерны Фея в зависимости от норм и способов посева.

Методика, место и условия проведения опыта. Исследования проведены на опытном поле ФГБНУ «Чеченский НИИСХ» в 2018-2020 гг. Почва опытного участка – чернозем типичный среднеспелый, подстилаемый галечником. Характеризуется средними запасами азота, небольшими – фосфора и высокими – калия. Реакция почвенного раствора нейтральная – pH 6,9. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %. По плодородию почва участка оптимальна для роста и развития сельскохозяй-

ственных культур, в том числе и люцерны.

Объект исследований: сорт Фея (Краснодарский НИИСХ) люцерны изменчивой.

Опыт двухфакторный:

Фактор А – нормы посева (1,0; 1,5 и 2,0 млн шт/га);

Фактор В – способы посева (ширина междурядий – 30 см; 45 см и 60 см).

Площадь делянок – 56 м². Повторность – четырехкратная.

Исследования проводились согласно общепринятым методическим пособиям и рекомендациям (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта*, *Агропромиздат. Москва 1985. 347 с.*)

Результаты и их обсуждение. Исследования проведены в течение 3-х разных по погодно-климатическим условиям лет. Погодные условия в 2018 году, начиная с весенних месяцев (март и апрель), были теплее нормы почти на один градус. Максимально воздух прогревался до 23-28 градусов. Температура почвы на глубине 10 см в среднем доходила до 14 °С. В целом май и летние месяцы июнь и июль также характеризовались повышенным температурным режимом, значительным недобором осадков, недостаточными запасами продуктивной влаги в почве. Гидротермический коэффициент снизился вдвое – до 0,5 (табл. 1).

Весенний период 2019 года отличался обилием осадков, превышавших норму в марте в два раза, в апреле – в 1,5 раза в условиях значительных перепадов температур от -3,7 до +19,0 °С со средним превышением температуры воздуха почти на один градус. Сумма активных температур за все три весенних месяца составила 426 °С. В результате ГТК в апреле составил 2,1.

В мае ситуация с осадками стабилизировалась – за этот месяц выпало 56 мм осадков, что соответствует среднегодовому показателю. Большое количество осадков в июне повысило значение ГТК вдвое, после чего начался его спад.

Погодные условия в 2020 году отличались неустойчивостью с самого начала. Первые три месяца температура превышала многолетние данные на 3 °С, а осадки на 34...72 %. С увеличением осадков в апреле наблюдалось понижение температуры воздуха на 2 °С. После рекордного количества осадков (130 мм за сутки) в начале мая температура пришла в норму и с июня по июль начала заметно повышаться.

Структурный анализ семенной продуктивности люцерны в 2018 году показал преимущество посевов в варианте с нормой высева 1,0 млн шт/га. Этот вариант отличался повышенной плодovitостью побегов (95 бобиков на побег), лучшей обсемененностью бобиков – 2,2 шт, выходом семян – 61,0 г/м² и массой 1000 семян – 2,5 г. (табл. 2).

С увеличением нормы высева на 0,5 млн шт/га отмечалось снижение количества бобов на побеге на 18 %, выход семян снизился на треть, при этом масса 1000 семян уменьшилась на 20 %.

Доведение нормы высева до 2,0 млн шт/га привело к снижению массы побегов в среднем на 7,5 %.

Таблица 1. Погодно-климатические условия 2018–2020 гг. лесостепной зоны Чеченской Республики по метеостанции г. Грозный

Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Вегетационный период
	Среднепогодные					
Сумма температур	220	489	636	725	701	2771
Осадки, мм	32	56	78	55	43	264
ГТК	1,5	1,1	1,2	0,8	0,6	1,0
	2018 г					
Сумма температур	233	590	692	822	701	3038
Осадки	24	30	46	71	80	251
ГТК	1,0	0,5	0,7	0,9	1,1	0,8
	2019 г					
Сумма температур	233	557	719	725	719	2952
Осадки	50	56	137	44	40	327
ГТК	2,1	1,0	1,9	0,6	0,6	1,1
	2020 г					
Сумма температур	187	505	681	800	687	2860
Осадки	44	158	35	22	76	335
ГТК	2,4	3,1	0,5	0,3	1,1	1,2

Таблица 2. Основные показатели семенной продуктивности люцерны 2-го года жизни, сорт Фея, 2018 г.

Вариант		Кол-во побегов шт/м ²	Кол-во бобов на 1 побег	Кол-во семян на 1 побег	Масса 1000 семян, г	Масса семян г/м ²
норма, млн шт/га	способ, см					
1,0	30	108	96	217	2,4	59
	45	102	107	231	2,8	69
	60	118	84	198	2,3	56
	среднее	109	95	216	2,5	61
1,5	30	124	78	192	2,1	51
	45	122	70	138	2,2	38
	60	103	86	169	1,9	35
	среднее	116	78	169	2,0	41
2,0	30	159	56	102	1,9	32
	45	172	46	89	1,7	27
	60	184	52	67	1,7	23
	среднее	172	52	86	1,8	27
НСР ₀₅		11,1	6,3	13,1	0,2	3,6
НСР _{05 А}		8,6	4,9	10,2	0,1	2,9
НСР _{05 В}		9,8	5,6	11,6	0,2	3,1
НСР _{05 АВ}		10,5	5,9	12,3	0,2	3,4

Количество и масса побегов на единице площади своеобразно отразились на их плодovitости. Анализ показал, что посе́вы с междурядьями 60 см при норме высева 1,0 млн шт/га формировали более 5 тыс. шт/м² бобов с массой 37 г и более 11 тыс. шт/м² семян с массой 21 г (табл. 2).

Отмечено неоднозначное реагирование люцерны и на способ посева. Отмечено снижение массы побегов в одинаковых по норме посева вариантах по мере увеличения ширины междурядий. Лучшим по выполненности семян оказался вариант с междурядьем 45 см. При сравнительно небольшом

количестве побегов – 102 шт/м² – на один из них с массой 8,4 г приходилось 107 бобов с крупными семенами (масса 1000 семян 2,8 г), что обеспечило повышенную продуктивность семян – 68,7 г/м².

По массе 1000 семян с результатом 2,5 г выделился вариант с нормой посева 1,0 млн шт/га. В вариантах с нормой 1,5 и 2,0 млн шт/га масса 1000 семян была меньше – 2,0 и 1,8 г соответственно.

В результате по большинству признаков предпочтительнее оказался вариант с нормой высева 1,0 млн шт/га с междурядьем 45 см, где в резуль-

тате взаимодействия факторов достигнут максимальный урожай в опыте – 690 кг/га. На третьем году жизни люцерны преимущество сохранилось за посевами с нормой высева 1,0 млн шт/га. Количественный недостаток побегов (на 41 % по отношению к норме 2,0 млн шт/га) был с лихвой возмещен их плодovitостью. На каждом побеге было сформировано бобов на 15-64 % больше, чем в посевах с нормами 1,5 и 2,0 млн шт/га соответственно. По семенной продуктивности превышение составило 51-22 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Основные показатели семенной продуктивности люцерны 3-го года жизни, сорт Фея, 2019 г.

Вариант		Кол-во побегов шт/м ²	Кол-во бобов на 1 побег	Кол-во семян на 1 бобик	масса 1000 семян, г	Масса семян, г/м ²
норма, млн шт/га	способ, см					
1,0	30	110	83	191	2,2	45,8
	45	104	92	212	2,4	28,8
	60	113	72	159	2,3	27,3
средняя		109	83	190	2,3	34,3
1,5	30	105	70	161	2,0	10,9
	45	78	63	139	2,1	24,9
	60	90	78	155	1,9	14,5
средняя		91	70	155	2,0	16,7
2,0	30	151	41	94	1,9	30,4
	45	137	34	75	2,0	20,9
	60	173	38	76	1,8	30,7
средняя		153	38	83	1,9	27,3
НСР ₀₅		9,9	5,3	11,8	0,2	2,1
НСР _{05 А}		8,0	4,3	9,6	0,1	1,8
НСР _{05 В}		9,0	4,8	10,7	0,2	2,0
НСР _{05 АВ}		9,3	5,0	11,1	0,2	2,0

Таблица 4. Основные показатели семенной продуктивности люцерны 4-го года жизни, сорт Фея, 2020 г.

Вариант		Кол-во побегов шт/ м ²	Кол-во бобов на 1 побег	Кол-во семян на 1 бобик	масса 1000 семян, г	Масса семян, г/м ²
норма, млн шт/га	способ, см					
1,0	30	113	89	187	2,2	37,8
	45	96	99	218	2,4	37,8
	60	108	77	163	2,3	40,2
средняя		115	89	187	2,3	38,9
1,5	30	117	75	158	2,0	32,9
	45	94	68	142	2,1	34,2
	60	121	84	168	1,9	36,6
средняя		112	75	158	2,0	34,2
2,0	30	101	44	98	1,9	25,5
	45	98	37	82	2,0	31,7
	60	100	41	91	1,8	25,5
средняя		96	41	91	1,9	28,0
НСР ₀₅		8,9	5,7	12,2	0,2	2,9
НСР _{05 А}		7,4	4,8	10,2	0,1	2,4
НСР _{05 В}		8,5	5,5	11,6	0,2	2,7
НСР _{05 АВ}		8,7	5,6	11,9	0,2	2,8

Таблица 5. Урожайность семян люцерны по годам жизни 2018-2020 гг., кг/га

Вариант		Год		
Норма высева, млн шт/га	Междурядье, см	2018	2019	2020
1,0	30	590	427	308
	45	690	269	315
	60	560	255	330
Средняя		613	317	318
1,5	30	510	102	266
	45	380	232	284
	60	350	135	303
Средняя		413	156	284
2,0	30	320	284	214
	45	270	195	258
	60	230	286	207
средняя		273	255	226
НСР ₀₅		33,8	18,9	21,5
НСР ₀₅ А		19,5	10,4	13,6
НСР ₀₅ В		13,4	7,2	8,4
НСР ₀₅ АВ		16,1	9,3	10,6



Рисунок. Опытные посева люцерны с нормой высева 1,0 млн шт/га и междурядьями 45 см (1 – апрель, 2 – октябрь)

Различия между вариантами по способам посева несколько сгладились. Оценка средних показателей по вариантам показала преимущество посевов с междурядьями 30 см. При этом лучшие показатели отмечены в посевах с нормой высева 1,0 млн шт/га, где семенная продуктивность превосходила на 17-20 % по сравнению со способами 45 и 60 см.

На четвертом году жизни продуктивность посевов люцерны в целом значительно уменьшилась, однако посева с нормой высева 1,0 млн шт/га имели более продуктивные (на 12-28 %) генеративные побеги, нежели в посевах с нормами 1,5 и 2,0 млн шт/га, что обеспечило повышенную (на 14-59 %) продуктивность семян (табл. 4).

Оценка влияния способов посева в среднем выявила положительное влияние ширины междурядий 45 см на показатели продуктивности. Однако при всех способах посева семенная продуктивность посевов люцерны была высокой при норме высева 1,0 млн шт/га, даже с междурядьями 60 см, явно уступающих в предыдущие годы. Связано это с возрастным нивелированием побе-

гообразования в посевах.

В результате проведенных исследований выявлено явное преимущество посевов люцерны с нормой высева 1,0 млн шт/га, обеспечившей лучшую урожайность семян. Урожайность семян во все годы жизни на 31-39 % превышала посева с нормами 1,5 и 2,0 млн шт/га соответственно (табл. 5).

При повышении норм высева до 1,5 и 2,0 млн шт/га урожайность семян в среднем снижалась до уровня 39 и 31 % соответственно.

Увеличение ширины междурядий при одинаковой норме приводило к загущению растений в рядке, создавая неравномерность в распределении их на единице площади. Следствием этого является плохое освещение, затрудняющее опыление насекомыми, и следовательно, снижение урожайности семян, даже в широкорядных посевах. Так, если в посевах с междурядьями 30 и 45 см в среднем была получена урожайность 470 и 450 кг/га соответственно, то в посевах с междурядьем 60 см урожайность снизилась существенным образом и составила в среднем 380 кг/га.

По результатам оценки большинства признаков (масса побегов, количество бобиков на побег, количество семян, их масса) предпочтительнее оказался вариант с нормой высева 1,0 млн шт/га с междурядьем 45 см, где в результате взаимодействия факторов достигнут максимальный урожай в опыте – 690 кг/га. Именно в вариантах с нормой высева 1,0 млн шт/га получены относительно высокие урожаи семян и при способах посева 30 и 60 см.

Заключение. Результаты наших исследований свидетельствуют о возможности получения достаточно высокой урожайности семян в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики, как это было даже в переувлажненном 2019 году.

Выявлена повышенная плодovitость побегов в посевах люцерны в варианте с минимальной нормой посева 1,0 млн шт/га, превосходящая остальные варианты по количеству соцветий, бобов и семян. Такие посевы вполне отвечают требованиям люцерны к комплексу внешних условий: хорошее освещение, обеспеченность влагой и питательными веществами и высокая опыляемость, где опылители имеют возможность посещать соцветия во всех ярусах.

В результате, в варианте с наименьшей нормой высева 1,0 млн шт/га, получено максимальное количество семян – 690 кг/га.

Литература:

1. Указ Президента Российской Федерации «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» № 350 от 21 июля 2016 г.
2. Абасов Ш. М., Хусайнов Х. А., Абасов М. Ш., Магамадгазиева З. Б., Тунтаев А. В. Семенная продуктивность люцерны в зависимости от применяемых элементов технологии // Аграрная наука. 2018. № 11-12. С. 59-62. <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/404/403>
3. Гафаров Ф. С. Семенная продуктивность люцерны в зависимости от способов посева и норм высева в условиях южной лесостепи республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. № 1. С. 7-11. https://elibrary.ru/download/elibrary_17820009_22480142.pdf
4. Гачков И. М. Влияние нормы высева люцерны на формирование семенной продуктивности в широко-рядных посевах в предгорном Крыму // Научные труды

Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. 2012. № 145. С. 29-33. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21478606_40198342.pdf

5. Грязева Т. В., Игнатъев С. А., Чесноков И. М. Современное состояние семеноводства люцерны в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2014. № 3. С. 31-34. https://elibrary.ru/download/elibrary_21725614_34434640.pdf

6. Игнатъев С. А., Грязева Т. В., Чесноков И. М. Технология возделывания люцерны на корм и семена в Ростовской области. – Ростов н/Д.: 2010. 32 с.

7. Золотарев В. Н., Переправо Н. И., Степанова Г. В. Биологические основы агроэкологического семеноводства люцерны в России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 44-47. https://elibrary.ru/download/elibrary_26367270_63408334.pdf

8. Косолапов В. М. Стратегия развития селекции и семеноводства кормовых культур // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 4. С. 6-10. <https://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1012.pdf>

9. Меремьянина И. А. Повышение семенной продуктивности люцерны путем селекции и совершенствование агроприемов ее возделывания в условиях Краснодарского края автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубан. Гос. Аграр. Ун-т. Краснодар, 2013. 24 с. <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005538263?Page=6&rotate=0&theme=white>

10. Низаева А. А., Акчурин Р. Л., Биктимиров Р. А., Нафиков Р. К. Семенная продуктивность люцерны во втором укосе в предуральской степной зоне Башкортостана // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3-6. С. 60-63. DOI: 10.31040/2222-8349-2018-6-3-60-63 https://elibrary.ru/download/elibrary_36295406_30973946.pdf

11. Храпцева В. Г., Андреева Р. А., Буров С. В. Урожайность люцерны изменчивой в зависимости от интенсивности использования травостоев // Вестник КрасГАУ. 2014. № 8 (95). С. 78-81. https://elibrary.ru/download/elibrary_21989485_70167672.pdf

12. Majid Rashidi, Behnam Zand and Saeed Abbassi. Seeding rate effect on seed yield and yield components of alfalfa (*Medicago sativa*) ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. VOL. 5, NO. 3, MAY 2010. https://arpnjournals.com/jabs/research_papers/rp_2010/jabs_0510_191.pdf

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.006.45-51

Alfalfa Seed Production in the Forest-Steppe Zone of the Chechen Republic Conditions

Magomed Sh. Abasov✉, e-mail: shaaman79@yandex.ru, Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-4050-8637

Magovmd Sh. Gaplaev, Dr. Sci. (Agr.), Professor, Director, ORCID: 0000-0001-6638-6397

Shaarani M. Abasov, Cand. Sci. (Agr.), Senior Researcher, ORCID: 0009-0000-3705-9514

Ruslan Kh. Bekbulatov, Cand. Sci. (Agr.), Senior Researcher, ORCID: 0009-0009-6148-7741

Chechen research Institute of Agricultural, e-mail: chechniish@mail.ru, 366021, Baysangurovsky district, Lilovaya st., 1, Grozny, Russia

Abstract. Alfalfa seed production in the south of Russia was carried out by enterprises located in steppe areas at the end of the last century. In

the forest-steppe zone, overgrowth of crops was observed due to overwetting. Recently, due to the observed global warming, the forest-steppe zone of

the Chechen Republic has become more favorable for the alfalfa seeds production according to agro-climatic characteristics. In steppe areas, seed production has become less efficient due to the need for stable irrigation. The development of methods to increase the alfalfa seed productivity based on growing seeds in a forest-steppe zone by selecting optimal methods and seeding rates and applying appropriate agrotechnical measures to care for crops is an urgent problem. The purpose of this work was to improve the technology of alfalfa cultivation, to develop evidence-based methods for increasing the alfalfa seed productivity in the forest-steppe zone of the Chechen Republic conditions. For the first time in the forest-steppe zone of the Chechen Republic conditions, studies were carried out on Feya alfalfa (*Medicago sativa*) crops by Krasnodar breeding, where the hydrothermal coefficient averaged 0.8-1.2. The soil on the experimental site is typical medium-sized chernozem, underlain by pebbles, pH 6.9. The humus content is average, nitrogen reserves are average, phosphorus is small, potassium is high. The experience was two-factor, the methods and norms of alfalfa sowing were studied. As a result of the research, a significant influence of both factors on the growth, development and seed productivity of alfalfa was revealed. The positive effect of the minimum seeding rate (1.0 million pcs/ha) on alfalfa crops with row spacing of 45 cm has been established. Positive research results in 2018-2020 indicate the possibility of growing alfalfa seed crops in more favorable conditions of the forest-steppe zone of the Chechen Republic.

Keywords: alfalfa, seed productivity, row spacing, sowing rate, sowing density, yield structure, weather conditions

Funding. The work was carried out within the framework of the state task «Develop a system of alfalfa seed production based on innovative technologies for the production of high-quality seeds taking into account the soil and climatic conditions of the Chechen Republic» No. FNME-2022-0005 for Chechen research Institute of Agricultural.

Citation. Abasov M. Sh., Gaplaev M. Sh., Abasov Sh. M., Bekbulatov R. Kh. Alfalfa Seed Production in the Forest-Steppe Zone of the Chechen Republic Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):45-51.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.006.45-51

Received: 15.04.2024

Accepted: 10.06.2024

References:

1. Decree of the President of the Russian Federation «On measures to implement the State Scientific and Technical Policy in the interests of agricultural development» No. 350 dated July 21, 2016. (In Russ.).
2. Abasov Sh. M., Husajnov H. A., Abasov M. Sh., Magamadgazieva Z. B., Tuntaev A. V. Alfalfa seed productivity

depending on the applied technology elements. *Agrarnaâ nauka = Agrarian science*. 2018;11-12:59-61. (In Russ.) Access mode: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/404/403>

3. Gafarov F. S. Seed productivity of alfalfa depending on the sowing methods and seeding rates in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan conditions. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012;1:7-11. (In Russ.) Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_17820009_22480142.pdf.

4. Gachkov I. M. The influence of the alfalfa seeding rate on the seed productivity formation in broad-row crops in the foothill part of Crimea. *Nauchnye trudy Yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy «Krymskij agrotekhnologicheskij universitet»*. Seriya: *Sel'skokhozyajstvennye nauki*. 2012;145:29-33. (In Russ.) Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21478606_40198342.pdf

5. Gryazeva T. V., Ignat'ev S. A., Chesnokov I. M. The current state of alfalfa seed production in the Rostov Region. *Zernovoe hozâjstvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2014;3:31-34. (In Russ.) Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_21725614_34434640.pdf

6. Ignat'ev S. A., Gryazeva T. V., Chesnokov I. M. Technology of alfalfa cultivation for feed and seeds in the Rostov Region. Rostov n/D. 2010. 32 p. (In Russ.)

7. Zolotarev V. N., Perepravo N. I., Stepanova G. V. Biological foundations of agroecological alfalfa seed production in Russia. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*. 2016;4:44-47 (In Russ.) Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_26367270_63408334.pdf

8. Kosolapov V. M. Strategy for the forage crops breeding and seed production development. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*. 2011;4:6-10. (In Russ.) Access mode: <https://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1012.pdf>

9. Merem'yanina I. A., Kenijz V. V. Improving the temporary productivity of alfalfa: innovative technologies: monografiya. Saarbrucken. *Palmarium Academic Publishing*. 2015;189 (In Russ.) Access mode: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005538263?Page=6&rotate=0&theme=white>

10. Nizaeva A. A., Akchurin R. L., Biktimirov R. A., Nafikov R. K. Seed productivity of alfalfa in the second mowing in the pre-Ural steppe zone of Bashkortostan Republic. *Izvestia Ufimskogo Nauchnogo Tsentra RAN = Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre*. 2018;3-6:60-63 (In Russ.) DOI: 10.31040/2222-8349-2018-6-3-60-63

11. Hramceva V. G., Andreeva R. A., Burov S. V. The yield of alfalfa depending on the herbage use intensity. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2014;8(95):78-81 (In Russ.) Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_21989485_70167672.pdf

12. Majid Rashidi, Behnam Zand and Saeed Abbassi. Seeding rate effect on seed yield and yield components of alfalfa (*Medicago sativa*) *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. VOL. 5, NO. 3, MAY 2010. https://arnpjournals.com/jabs/research_papers/rp_2010/jabs_0510_191.pdf

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК: 633.12; 631.893.; 631.55.03

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57

Эффективность приемов интенсификации при возделывании гречихи в условиях Среднего Поволжья

¹Лилия Рафкатовна Климова✉, e-mail: li21@mail.ru, м.н.с., зав. лабораторией селекции крупяных культур, ORCID: 0000-0002-7333-2386,

²Фануся Загитовна Кадырова, д.с.-х.н., профессор, кафедра общего земледелия, защиты растений и селекции, ORCID: 0000-0001-7093-3269,

¹Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ КАЗНЦ РАН, e-mail: tatniva@mail.ru, ул. Оренбургский тракт, д. 48, г. Казань, Республика Татарстан, Россия

²Казанский государственный аграрный университет, e-mail: info@kazgau.com, ул. К. Маркса, д. 65, г. Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. Гречиха обыкновенная является основной крупяной культурой в Российской Федерации. Долгая селекционная работа, направленная на увеличение продуктивности растений, позволила создать сорта, у которых потенциальная урожайность может достигать 4 т/га. Однако сильное влияние гидротермических условий вегетационного периода не позволяет полностью реализовать этот потенциал. Одним из решений данной проблемы может быть интенсификация посевов гречихи. Научная новизна работы состоит в том, что впервые приводятся результаты исследования влияния листовых подкормок, способов уборки и их совместного применения на продуктивность растений и технологические качества зерна. Исследования проводились на полях Лаишевского муниципального района Республики Татарстан с 2019 по 2021 гг. Сделан вывод о том, что сорт Яшьлек является сортом интенсивного типа, хорошо отзываемся на отдельные факторы интенсификации. Листовые подкормки способствовали получению дополнительного урожая относительно контроля до 20...40 %. Максимальная отдача от листовых подкормок обеспечивалась в годы с достаточным режимом влагообеспечения растений. Наиболее оптимальным сроком некорневого внесения микроэлементов было начало цветения. При однофазной уборке за счет сокращения потерь сбор урожая увеличивается по вариантам опыта до 14 % и более. Максимальные значения крупности плодов отмечали в наиболее благоприятном по гидротермическим условиям 2019 году и в среднем на вариантах с подкормкой при двухфазной уборке. Увеличение массы 1000 плодов было связано с увеличением объема плодов за счет крылатости и доли пленки в общей массе плодов. Наиболее оптимально сочетались масса 1000 плодов и натурная масса у сорта Яшьлек на варианте с подкормкой в начале цветения и при однофазной уборке. Опубликованные данные являются частью разрабатываемой научно обоснованной системы интенсивного возделывания сортов гречихи селекции ТатНИИСХ и могут быть использованы сельхозпроизводителями для внедрения в производство.

Ключевые слова: гречиха, способы уборки, некорневая подкормка, микроэлементы, урожайность, масса тысячи плодов, натура зерна.

Цитирование. Климова Л. Ф., Кадырова Ф. З. Эффективность приемов интенсификации при возделывании гречихи в условиях Среднего Поволжья // Научно-аграрный журнал. 2024. 2(125). С. 52-57. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57

Поступила в редакцию: 18.04.2024

Принята к печати: 10.06.2024

Введение. Гречиха является основной крупяной культурой, которая широко культивируется как в Российской Федерации, так и за рубежом. Несмотря на достижения в селекции этой культуры средняя урожайность гречихи посевной остается достаточно низкой [11].

В настоящее время в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур все больше используются факторы, направленные на оптимизацию минерального питания растений. Одним из приемов увеличения валового сбора зерна являются некорневые подкормки микроэлементами. Это позволяет обеспечить потребность сельскохозяйственных культур в питательных элементах в наиболее критические для формирования урожая периоды [5].

Многочисленные исследования показали высокую отзывчивость растений на внесение микро-

элементов, которые участвуют в биохимических процессах и помогают формировать дополнительный урожай [2; 6; 8].

Еще одним фактором, который сильно влияет на величину валового сбора зерна гречихи, является технология уборки [10]. Из-за особенностей гидротермических условий в период полного созревания зерна сроки традиционной двухфазной уборки могут сдвинуться, что влечет за собой серьезные потери зерна [9]. В переувлажненные годы наиболее перспективным способом уборки может быть однофазная уборка, включающая в себя прямое комбайнирование с предварительной десикацией посевов. Исследования показывают, что потери зерна при десикации посевов сокращаются на 3-4 ц/га [3].

При этом стоит отметить, что в литературе отсутствуют исследования по изучению эффективно-

сти совместного применения данных агроприемов. Цель данной работы – оценить эффективность применения приемов возделывания гречихи сорта Яшьлек, включающих в себя листовые подкормки и способы уборки.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на полях Лаишевского муниципального района Республики Татарстан с 2019 по 2021 гг. Почва участка – серая лесная среднесуглинистая. Содержание питательных элементов колебалось в зависимости от года исследования. Обменный калий и подвижный фосфор определяли по Кирсанову, их количество составило 92-121 и 219-260 мг/кг почвы соответственно. Содержание гумуса варьировало в пределах 3,6 -4,0%, pH солевой вытяжки колебалась от 6,3 до 6,6.

Посев делянок гречихи обыкновенной выполняли сеялкой Wintersteiger рядовым способом с нормой высева 2,0 млн. штук всхожих семян на гектар при наступлении оптимальных для гречихи температуры прогревания почвы на глубине залегания семян и при стабильных среднесуточных температурах воздуха. Технология обработки почвы и ухода за посевами – общепринятая для Республики Татарстан. Площадь учетной делянки составила 7 м², размещение делянок – рендомизированное в четырёхкратной повторности.

Объектом для изучения был выбран сорт Яшьлек, селекции Татарского НИИСХ, допущенный к возделыванию в шести гречихосеющих регионах Российской Федерации. Опыт был заложен по схеме двухфакторного опыта, где:

Фактор А – сроки внесения листовых подкормок баковой смесью, состоящей из комплексных удобрительных составов, разработанных и поставляемых на российский рынок Норвежской химической компанией «Yara»: 1. Контроль, без подкормки; 2. Некорневая подкормка в фазу «начало цветения»; 3. Некорневая подкормка в фазу «начало плодообразования»; 4. Некорневая подкормка в фазу «начало побурения плодов».

Баковая смесь включает следующие составы: YaraVita AGRIPHOS 1л/га + Yara KRISTALON коричневый 2 кг/га + Карбамид 5 кг/га+ YaraVita MANTRAC PRO 1 л/га + YaraVita BORTRAC 2 л/га.

Краткая характеристика удобрений:

YaraVita AGRIPHOS – удобрение, содержащее в жидкой форме фосфор, калий и микроэлементы. Содержание фосфора (P₂O₅) – 29,1 %, калия (K₂O) – 6,5 %, меди (Cu) – 1 %, железа (Fe) – 0,3 %, марганца (Mn) – 1,4 %, цинка (Zn) – 1 %.

Yara KRISTALON коричневый – комплексное водорастворимое удобрение в состав которого входит: азот – 3 %, фосфор – 11 %, калий – 38 %, магний – 4 %, сера – 27,5 %, Железо – 0,07 %, бор – 0,025 %, молибден – 0,004 %, марганец – 0,04 %, медь – 0,01 %, цинк – 0,025 %, сера – 11 %, магний – 2,4 %, нитратный азот – 3 %.

YaraVita MANTRAC PRO – жидкое удобрение, содержащее максимальную концентрацию марганца, и содержит азот. Содержание азота (N) – 3,8 %, марганца (Mn) – 27,4 %.

YaraVita BORTRAC – это жидкое удобрение, обладающее максимальной концентрацией бора. Содержание азота (N) – 4,7 %, бора (B) – 10,9 %.

Фактор Б – технология уборки: 1. Раздельный (двухфазный) способ. При созревании 90 % семян на растениях гречихи производилось скашивание делянок в валки с высотой среза 15-18 см. Подбор и обмолот валков производили при подсыхании биомассы до оптимальных значений влажности. 2. Способ прямого комбайнирования. При побурении 80-85 % плодов на растениях проводили обработку делянок препаратом Торнадо 500 (действующее вещество – глифосат, изопропиламинная соль) с концентрацией 500 г/л. Норма расхода препарата составила 2 л/га. Через 7-10 дней после обработки, при подсыхании растений на корню, производили прямое комбайнирование делянок.

Температурный режим вегетационного периода сильно варьировал по годам исследования (рис. 1). Многолетними исследованиями доказано, что оптимальная среднесуточная температура для роста и развития растений гречихи лежит в диапазоне 18-20 °С. За время проведения исследования термические условия практически не попадали в оптимальный диапазон среднесуточных температур. Так, в начале вегетации гречихи посевной среднесуточная температура в 2019 и 2020 гг. была существенно ниже оптимального значения, а в 2021 году превзошла верхнюю границу оптимума на 2,2 °С.

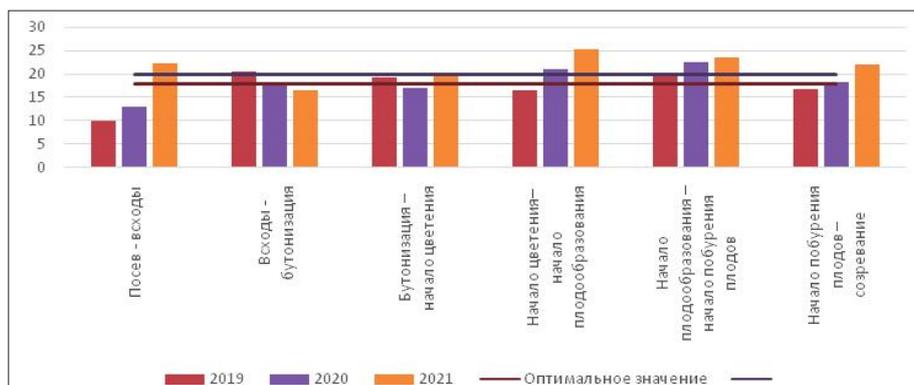


Рисунок 1. Среднесуточная температура, °С

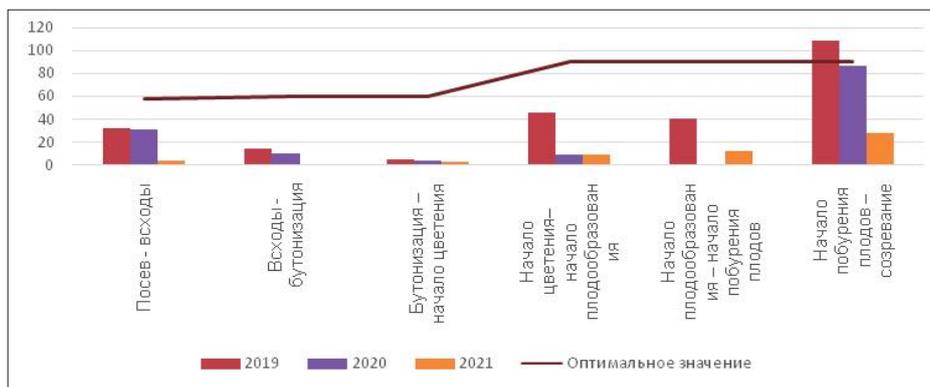


Рисунок 2. Количество выпавших осадков, мм

В межфазный период «всходы – бутонизация» происходит закладка всех метамеров растений. В 2019 и 2020 гг. среднесуточная температура в данный период находилась в оптимальных границах и составила 20,5 и 18,3 °С соответственно. В 2021 году в данный межфазный период отмечалось понижение среднесуточной температуры до 16,6 °С, что повлияло на снижение потенциальной урожайности изучаемого сорта.

Во второй половине онтогенеза гречихи, когда начинается процесс цветения, температурный режим играет огромную роль в формировании продуктивности растений. В этот период 2019 год можно выделить как благоприятный по температурному режиму, так как в большинстве фаз развития среднесуточные температуры не выходили из оптимального значения. Высокие среднесуточные температуры 2020 и 2021 года, начиная с фазы начала цветения, не позволили реализовать весь урожайный потенциал за счет большого количества дней с температурой от 25 °С и выше.

Для формирования урожая 2 т/га зерна и 5 т/га соломы гречихи требуется примерно 3500 тонн воды на гектар, что примерно соответствует 350 мм выпавших осадков в течение всей вегетации [1]. В Республике Татарстан оптимальной нормой выпавших осадков считается 450 мм за весь период вегетации (рис. 2). Количество выпавших осадков за все время проведения исследования было существенно меньше оптимального значения по всем фазам развития растений, за исключение межфазного периода «начало побурения плодов – созревание». Наиболее критическими периодами в отношении осадков являются «всходы – бутонизация» и «цветение – плодообразование». Как видно из графика, в данные периоды выделяется только 2019 год, где количество осадков было выше по сравнению с остальными годами.

Количество выпавших осадков на уровне оптимального значения или выше в межфазный период «начало побурения плодов – созревание» ведет за собой снижение потенциальной урожайности за счет начал ремонтантности и оттока питательных веществ в цветки, особенно если отмечается острая нехватка влаги в критические периоды. Под эти условия попадают 2019 и 2020 год. В условиях

Республики Татарстан 2021 год был аномальным по своим гидротермическим условиям, в течение всего вегетационного периода отмечался сильный дефицит влаги в сочетании с высокими среднесуточными температурами.

Качественные показатели определяли по ГО-СТу: натуре зерна – по ГОСТ 10840-2017, массу тысячи семян – по ГОСТ 12042-80. Полученные в ходе исследования данные были статистически обработаны согласно общепринятой методике [4].

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показывают отзывчивость гречихи сорта Яшьлек на проведение листовых подкормок (табл. 1). Гидротермические условия 2019 года позволили реализовать урожайный потенциал сорта на самом высоком уровне за весь период исследований при подкормке растений в фазе начала цветения, фазе побурения плодов.

Прибавка урожайности к контролю у этих вариантов составила 36...42 %. В опыте 2020 года, также подкормки, проведенные в начале цветения, обеспечили прибавку при отдельной уборке, но разница с контролем при однофазной уборке была не достоверной. 2021 год был наиболее экстремальным по количеству атмосферных осадков, что стало причиной крайне низкой урожайности, тем не менее листовые подкормки несколько увеличили выход зерна с гектара.

Сравнение вариантов подкормки показало одинаковую положительную динамику на обоих технологиях уборки. Также, как и при отдельной уборке, подтвердилась эффективность листовых внесений по сравнению с контролем в начале цветения при однофазной уборке. На этих вариантах урожайность была выше. Так, при подкормке в начале цветения отдельная уборка позволила получить 1,42 т/га, а при однофазном способе уборки на этом варианте сформировано 1,62 т товарного зерна с гектара. Вероятно, это связано с уменьшением потерь при уборке, величина которой составляет 14 и более процентов. В среднем за три года на вариантах с однофазной уборкой получена прибавка урожая от листовых подкормок по сравнению с контролем от 0,24 до 0,47 т/га. Таблица 1. Урожайность зерна гречихи в зависимости от сроков подкормки и технологии уборки, т/га

Сроки проведения листовых подкормок	Раздельный способ уборки				Однофазный способ уборки			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	1,80	1,17	0,27	1,08	1,80	1,31	0,34	1,15
Начало цветения	2,56	1,44	0,25	1,42	3,05	1,32	0,50	1,62
Начало плодообразования	1,70	1,08	0,32	1,03	2,87	1,07	0,28	1,41
Начало побурения плодов	2,48	1,07	0,41	1,32	2,44	1,23	0,50	1,39
HCP ₀₅ варианты	0,72	0,26	0,10					
HCP ₀₅ фактор А	0,36	-	0,07	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ фактор В	0,51	0,18	0,05					
HCP ₀₅ фактор АВ	-	-	-					

Таблица 2. Влияние технологических приемов на массу тысячи плодов гречихи сорта Яшьлек, г

Сроки проведения листовых подкормок	Раздельный способ уборки				Однофазный способ уборки			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	27,65	34,65	29,50	30,60	33,65	30,90	31,00	31,85
Начало цветения	33,75	30,80	28,43	30,99	36,75	31,15	29,03	32,31
Начало плодообразования	31,62	36,60	28,87	32,36	32,75	30,25	28,37	30,46
Начало побурения плодов	33,50	34,85	30,70	33,02	33,75	29,50	28,80	30,68
HCP ₀₅ варианты	2,47	3,02	-					
HCP ₀₅ фактор А	1,24	1,51	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ фактор В	1,75	-	-					
HCP ₀₅ фактор АВ	1,75	2,14	-					

Таблица 3. Влияние технологических приемов на формирование натурной массы плодов гречихи сорта Яшьлек, г/л

Сроки проведения листовых подкормок	Раздельный способ уборки				Однофазный способ уборки			
	2019	2020	2021	Среднее	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без обработок)	549	534	544	542	565	511	527	534
Начало цветения	502	514	507	528	589	560	541	563
Начало плодообразования	540	518	546	535	578	536	570	561
Начало побурения плодов	531	523	543	532	598	552	523	558
HCP ₀₅ варианты	13,70	15,52	30,04					
HCP ₀₅ фактор А	6,85	7,76	-	-	-	-	-	-
HCP ₀₅ фактор В	9,69	10,97	21,25					
HCP ₀₅ фактор АВ	9,69	10,97	21,25					

При двухфазной уборке дополнительная урожайность на варианте с подкормкой при побурении семян составила 0,24 т/га, а на варианте подкормки в начале цветения – 0,36 т/га. Подкормка, проведенная в фазу «начало плодообразования», не оказала стимулирующего эффекта на величину урожайности. Лучшим сроком проведения подкормок было начало цветения.

Из всех изучаемых факторов наибольшую долю влияния при формировании урожая внесли некорневые подкормки микроэлементами. В 2019 году доля этого фактора составила 33,1 %, в 2020 году – 35,6 %, а в 2021 – 46,7 %.

Для крупного производства одним из важнейших технологических характеристик является масса тысячи плодов. В проведенных исследованиях было выявлено, что крупность плодов сорта Яшьлек существенно менялась по вариантам опыта (табл. 2).

Существенными различия были по годам исследований. Максимальные значения крупности плодов отмечали в наиболее благоприятном по гидротермическим условиям 2019 году, когда ва-

рьирование массы 1000 плодов по опыту составило 27,6 г в контрольном варианте при двухфазной уборке до 36,75 г при подкормке в начале цветения и однофазной уборке гречихи. В условиях недостатка влаги (2019 г.) некорневые подкормки микроэлементами не оказывали положительного влияния на крупность плодов сорта Яшьлек. Величина массы 1000 плодов в этот год варьировала от 28,4 г до 30,7 г на вариантах с подкормками, тогда как на контроле при однофазной уборке ее величина составила 31,0 г.

Можно заметить, что в среднем за годы исследований крупность плодов при двухфазной уборке увеличивалась на вариантах с подкормкой в период образования и налива плодов на 1,76 ...2,42 г (32,36...33,02 г против контроля – 30,6 г). А при однофазной уборке эти варианты, напротив, уступали контролю и варианту с подкормкой в начале цветения на 1,63...1,85 г.

Влияние изучаемых факторов на формирование крупности семян изменялось в зависимости от гидротермических условий. Так, в 2019 и 2021

годах максимальное влияние оказали некорневые подкормки микроэлементами: 41,41 % и 24,07 % соответственно.

В 2020 году масса тысячи плодов формировалась под взаимодействием двух факторов (21,09 %).

Еще одним важным технологическим параметром является натура зерна, которая является показателем выполненности плодов гречихи (табл. 3).

Анализируя полученные данные, можно отметить, что лучшими вариантами по выполненности плодов были подкормки и однофазная уборка. На этих вариантах натурная масса плодов была выше на 26...35 г/л. Низкая натура плодов на вариантах двухфазной уборки связана с тем, что увеличение крупности плодов здесь происходило за счет увеличения крылатости плодов, объема и доли пленки в плодах, что отрицательно коррелирует с натурной массой. Даже в благоприятный по гидро-термическим условиям 2019 год при двухфазном способе уборки увеличение массы тысячи плодов не сопровождалось качеством их налива. Наиболее оптимально сочетались масса 1000 плодов и натурная масса у сорта Яшьлек на варианте с подкормкой в начале цветения и при однофазной уборке.

Способы уборки оказывали наибольшее воздействие при формировании натуры зерна в 2019 году (70,8 %), и в 2021 году (29,20 %). А в 2020 году натура зерна сформировалась под совместным воздействием изучаемых приемов (51,78 %).

Выводы. Сорт Яшьлек является сортом интенсивного типа, положительно отзываемым на отдельные факторы интенсификации.

Листовые подкормки способствовали получению дополнительного урожая относительно контроля до 20...40 %. Максимальная отдача от листовых подкормок обеспечивалась в годы с достаточным режимом влагообеспечения растений. Наиболее оптимальным сроком некорневого внесения микроэлементов было начало цветения. При однофазной уборке за счет сокращения потерь сбор урожая увеличивался по вариантам опыта до 14 % и более.

Максимальные значения крупности плодов отмечали в наиболее благоприятном по гидро-термическим условиям 2019 году. Увеличение крупности плодов на вариантах с подкормкой при двухфазной уборке не способствовало увеличению натурной массы плодов и было обусловлено увеличением объема плодов за счет крылатости и доли пленки в общей массе плодов. В условиях недостатка влаги некорневые подкормки микроэлементами не оказывали положительного влияния на массу 1000 плодов сорта Яшьлек.

Наиболее оптимально сочетались масса 1000 плодов и натурная масса у сорта Яшьлек на варианте с подкормкой в начале цветения и при однофазной уборке.

Литература:

1. Алексеева Е. С., Елагин И. Н., Тараненко Л. К. Культура гречихи. Ч.1. История культуры, ботанические и биологические особенности. – Каменец-Подольский: Издатель Мошак М. И., 2005. 192 с.
2. Вабищевич Ю. Е., Тимошенко Э. В. Ю. Оценка влияния некорневых подкормок на продуктивность гречихи в СПК «Корфовский» Амурской области / Студенческие исследования – производству: Материалы 29-й студенческой научной конференции, Благовещенск, 11 ноября 2021 года / Отв. редактор А.И. Герасимович. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 37-43. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47982054_39267251.pdf
3. Важов В. М., Важов С. В., Черемисин А. А. Способ десикации растений и зерна гречихи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 1-3. С. 454.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. перераб. М.: Агропромиздат, 2011. 351 с.
5. Кадырова Ф. З., Кадырова Л. Р., Хуснутдинова А. Т. Гречиха в биологическом земледелии / Сборник «Актуальные проблемы современного земледелия и роль аграрной науки в его развитии». Казанский ГАУ. Казань. 2018. С. 56-60.
6. Козлобаев А. В. Роль стимуляторов роста и микроудобрений в агротехнологии гречихи // Потенциал современной науки. 2015. № 1(9). С. 62-65. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23029603_40129678.pdf
7. Мотина Т. Ю., Дегтярева И. А., Прищипенко Е. А., Бабынин Э. В. Урожайность и микробиоценоз гречихи при внесении комплексных биоудобрений // Агробиохимический вестник. 2020. № 2. С. 13-16. DOI 10.24411/1029-2551-2020-10015
8. Негода Л. А., Моисеенков А. А. Особенности формирования урожая гречихи в зависимости от срока, способа, нормы высева и срока уборки / Некоторые вопросы селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Приморье / Приморский НИИСХ. – Новосибирск, 1994. С. 69-76.
9. Немченко В. В., Волосников С. А., Исламов М. Н. Десикация посевов гороха и гречихи // Земледелие. 1991. №1. С. 70-71.
10. Фесенко А. Н., Кузнецова Е. А., Полехина Н. Н., Шипулин О. А., Фесенко Н. Н., Селифонова Н. А. Сравнительный анализ технологических и потребительских качеств зерна сортов гречихи разных лет селекции // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 4(33). С. 76-86.
11. Sobhani M. R., Rahmikhdoev G., Mazaheri D., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014;8(10):1402-1414.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57

The Effectiveness of Intensification Techniques in the Buckwheat Cultivation in the Middle Volga Region Conditions

¹Lilia R. Klimova[✉], e-mail: li21@mail.ru, Junior Researcher, ORCID: 0000-0002-7333-2386

²Fanusia Z. Kadyrova, Dr. Sci. (Agr.), Professor, ORCID: 0000-0001-7093-3269

¹Tatar Research Institute of Agricultural Sciences «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,

e-mail: tatniva@mail.ru, Orenburg tract str. 48, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia,

²“Kazan State Agricultural University”, e-mail: info@kazgau.com

K. Marx str., 65, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Abstract. Buckwheat is the main cereal crop in the Russian Federation. Long-term breeding work aimed at increasing plant productivity has made it possible to create varieties with a potential yield of up to 4 tons/ha. However, the strong influence of hydrothermal conditions of the growing season does not allow this potential to be fully realized. One of the solutions to this problem may be the intensification of buckwheat crops. The scientific novelty of the work consists in the fact that for the first time the results of a study of the leaf fertilizing effect, harvesting methods and their combined use on plant productivity and technological qualities of grain are presented. The research was carried out in the fields of the Laishevsky municipal district of the Republic of Tatarstan from 2019 to 2021. It is concluded that the Yashlek is an intensive type variety that responds well to certain intensification factors. Leaf fertilizing contributed to obtaining an additional yield relative to the control of up to 20...40%. The maximum return from leaf fertilizing was provided in years with a sufficient moisture supply regime. The most optimal time for non-root application of trace elements was the beginning of flowering. With single-phase harvesting, the grain quantity increases according to the experimental options to 14% or more by reducing losses. The maximum values of grain size were noted in the most favorable hydrothermal conditions in 2019 and on average in the variants with fertilizing during two-phase harvesting. The increase in the mass of 1000 grains was associated with an increase in the grains volume due to winginess and the membrane proportion in the total weight of grains. The weight of 1000 grains and the natural weight of the Yashlek buckwheat were most optimally combined in the variant with fertilizing at the beginning of flowering and during single-phase harvesting. The published data are part of a scientifically based system of buckwheat varieties of Tatar Research Institute of Agricultural Sciences breeding intensive cultivation and can be used by agricultural producers.

Keywords: buckwheat, harvesting methods, foliar fertilizing, trace elements, yield, weight of a thousand seeds, grain nature

Citation. Klimova L. R., Kadyrova F. Z. The Effectiveness of Intensification Techniques in the Buckwheat Cultivation in the Middle Volga Region Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):52-57.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.007.52-57

Received: 18.04.2024

Accepted: 10.06.2024

Reference:

1. Alekseeva E. S., Elagin I. N., Taranenko L. K. Buckwheat crops. Part 1. The history of cultivation, botanical and biological features. Kamenets-Podolsky. Moshak M.I. Publisher. 2005. 192 p. (In Russ.)
2. Vabishchevich Yu. E., Timoshenko E. V. Yu. Assessment of the foliar fertilizing effect on buckwheat productivity in the “Korfovsky” agricultural production cooperative, Amur Region. Student research to production: Materials of the 29th Student Scientific Conference, Blagoveshchensk, November 11, 2021 / Responsible Editor A.I. Gerasimovich. Blagoveshchensk. Far Eastern State Agrarian University Publ. house. 2021. pp. 37-43. (In Russ.)
3. Vazhov V. M., Vazhov S. V., Cheremisin A. A. Buckwheat plants and grains desiccation method. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2016;1-3:454. (In Russ.)
4. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. 5th ed., additional and revised. Moscow. “Agropromizdat” Publ. house. 2011. 351 p. (In Russ.)
5. Kadyrova F. Z., Kadyrova L. R., Khusnutdinova A. T. Buckwheat in biological agriculture. In compilation “Aktual'nye problemy sovremennogo zemledeliya i rol' agrarnoy nauki v ego razvitiy”. Kazan State Agricultural University Publ. house. Kazan. 2018. pp. 56-60. (In Russ.)
6. Kozlobaev A. V. The role of growth stimulants and micro-nutrients in buckwheat agrotechnology. *Potentsial sovremennoj nauki*. 2015;1(9):62-65. (In Russ.) Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23029603_40129678.pdf
7. Motina T. Yu., Degtyareva I. A., Prishchipenko E. A., Babynin E. V. Yield and microbiocenosis of buckwheat when applying complex bio-fertilizers. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*. 2020;2:13-16. (In Russ.) DOI 10.24411/1029-2551-2020-10015.
8. Negoda L. A., Moiseenkov A. A. Features of buckwheat harvest formation depending on the time, method, seeding rate and harvesting period. *Nekotorye voprosy selektsii i tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Primor'e*. Primorsky Research Institute of Agriculture. Novosibirsk. 1994. pp. 69-76. (In Russ.)
9. Nemchenko V. V., Volosnikov S. A., Islamov M. N. Desiccation of pea and buckwheat crops. *Zemledelie*. 1991;1:70-71. (In Russ.)
10. Fesenko A. N., Kuznetsova E. A., Polekhina N. N., Shipulin O. A., Fesenko N. N., Selifonova N. A. Comparative analysis of technological and consumer qualities of buckwheat varieties grain of different years of breeding. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2015;4(33):76-86. (In Russ.)
11. Sobhani M. R., Rahmikhdoev G., Mazaheri D., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its qualit. *Australian Journal of Crop Science*. 2014;8(10):1402-1414.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Яровая твёрдая пшеница в Волгоградской области: сорта, урожайность, перспективы возделывания

Ирина Николаевна Маркова✉, e-mail: markova2460@gmail.com, к.с.-х.н.,
старший агроном-селекционер, ORCID: 0000-0003-4761-0554
лаборатория селекции, семеноводства и питомниководства –

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru,
400062, пр. Университетский, 97, Волгоград, Россия

Аннотация. В настоящее время яровая твёрдая пшеница мало востребована в Волгоградской области, так как по продуктивности значительно уступает озимой. С 2015 г. в Камышинском подразделении лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН ведется работа по выявлению ценных свойств и параметров продуктивности сортов яровой твёрдой пшеницы для последующей организации селекционной работы. В статье приведены данные изучения районированных и перспективных сортов твёрдой пшеницы за 2021-2023 гг. испытаний в конкурсном питомнике Камышинского подразделения и данные изучения четырёх новых сортов яровой твёрдой пшеницы местной селекции. Новые сорта выведены с помощью индивидуального отбора из расщепившегося на разновидности *Leucomelan* и *Erytromelan* сорта саратовской селекции Валентина. Сорта высевались в конкурсном сортоиспытании в четырёх повторениях на делянках, размером 25 м, производственной нормой высева 3,5 млн. всхожих зёрен на 1 га. По продуктивности и адапционным свойствам все новые сорта превышали или были на уровне областного стандарта Безенчукская 205 и старых районированных сортов яровой твёрдой пшеницы. Сорт Цыцаревна имел максимальное превышение по продуктивности на 8 % в среднем за три года и достоверно превышал стандарт. В 2024 г. сорт Цыцаревна передан на Государственное сортоиспытание. Несмотря на очевидное преимущество выведенных в Камышинском подразделении ФНЦ агроэкологии РАН новых сортов для 8 региона РФ, урожайность их ещё недостаточно высокая, чтобы составить конкуренцию традиционной культуре области – озимой пшенице. И всё же высокое качество зерна яровой твёрдой пшеницы, и возможность повышения её продуктивности позволяют надеяться на востребованность культуры в будущем. Новые высокопродуктивные сорта этой культуры в дальнейшем могут повлиять на расширение посевов под твёрдой пшеницей.

Ключевые слова: яровая твёрдая пшеница, селекция, отбор, сорт, урожайность, масса 1000 зёрен, адаптивность.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания № FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Цитирование. Маркова И. Н. Яровая твёрдая пшеница в Волгоградской области: сорта, урожайность, перспективы возделывания // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 58-63.
DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.008.58-63

Поступила в редакцию: 25.03.2024

Принята к печати: 24.05.2024

Введение. Работа по созданию сортов яровой твёрдой пшеницы на Камышинской опытной станции, в настоящее время – Камышинское подразделение лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН, была предпринята в 1936 г. сначала под руководством кандидата биологических наук Габе Д., затем с 1947 г. селекционную работу продолжили Покровский Н.В. и Шишанова З.Ф. В 1958 г. были выведены сорта яровой твёрдой пшеницы Камышинская 2 и яровой мягкой пшеницы Камышинская 3. В отличие от Камышинской 3, которая в 1972 г. была районирована по второй зоне Волгоградской области, Камышинская 2 признания не получила [5]. С 2015

г. в Камышинском подразделении ведется работа по выведению новых продуктивных, засухоустойчивых и высоко адаптивных сортов яровой твёрдой пшеницы для Нижнего Поволжья.

Цель работы – провести оценку селекционного материала яровой твёрдой пшеницы в условиях Волгоградской области и выделить перспективные образцы для передачи на государственное сортоиспытание.

Методика и материалы исследований. Исследования проводились на полях Камышинского подразделения лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН, расположенного в правобережной сухостепной

зоне Нижнего Поволжья. Почвы типичные каштановые суглинистые, слабосолонцеватые с содержанием гумуса в слое 0-30 см – 1,6 %.

Подготовка почвы к посеву производилась по принятой в зоне агротехнике. Основная обработка на глубину 20-22 см проводилась в конце августа – начале сентября. Весной – покровное боронование в два следа и предпосевная культивация. Посев – ранний, по мере наступления физической спелости почвы.

Климатические условия последних трёх лет для яровой твёрдой пшеницы складывались следующим образом. Самым благоприятным по климатическим условиям был 2021 г. В этот год яровая твёрдая пшеница имела самую высокую урожайность. Климатические условия 2022 г. и особенно 2023 г. были менее благоприятными, что естественно сказалось на урожайности культуры.

Посев сортов конкурсного сортоиспытания производился делянками 25 м² в 4-х повторениях. Фенологические наблюдения, оценки, взятие сноповых образцов, учёт урожая и анализ его структуры осуществлялись в соответствии с методиками государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Федин М.А. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть*. М.: Колос, 1985. Вып. 1. 269 с.). Коэффициент адаптивности (К.А.) сортов рассчитывался по Л. А. Животкову [3]. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного

анализа по Доспехову (Б.А. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (6-е издание дополнительное и переработанное)*, М.: Агропромиздат, 1985. 353 с.).

Результаты исследований. Прежде чем приступить к работе по созданию сортов твёрдой пшеницы были проведены исследования по изучению параметров продуктивности районированных и перспективных сортов культуры в условиях Волгоградской области. Работа в этом направлении ведётся с 2015 г. Первоначально был задействован небольшой набор, в основном районированных сортов (табл. 1). В 2023 г. были изучены более 40 сортов. В таблице 1 приведена урожайность 17 наиболее продуктивных в наших условиях сортов за последние 3 года. Следует отметить, что в таблице 1 сорта приведены по мере убывания их средней урожайности. Самым продуктивным, в условиях Юга России, и в частности Волгоградской области, и не только за последние 3 года, был областной стандарт Безенчукская 205 – 1,42 т/га. В среднем же урожайность сортов яровой твёрдой пшеницы за последние 3 года приблизилась к 1,3 т/га. Уровень урожайности современных сортов яровой твёрдой пшеницы значительно увеличился по сравнению с изначальным. Так, повсеместно районированный в прошлом веке сорт Харьковская 46 по урожайности уступает более современным сортам на 0,2-0,26 т/га в среднем, и на 0,3-0,4 т/га (50 %) в среднем за 5 предшествующих лет, что подтверждает возможность селекции на продуктивность у яровой твёрдой пшеницы [6].

Таблица 1. Урожайность сортов яровой твёрдой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2021-2023 гг.)

Название сорта	Урожайность, т/га			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Средняя
Безенчукская 205	1,73	1,39	1,13	1,42
Валентина	1,8	1,36	1,08	1,41
Луч 25	1,93	1,21	1,03	1,39
Краснокутка 13	1,53	1,31	1,15	1,33
Спадщина	1,91	1,27	0,77	1,32
НИК	1,7	1,12	1,1	1,31
Безенчукская 210	1,87	1,16	0,89	1,31
Безенчукская золотистая	1,67	1,26	1,01	1,31
Краснокутка 14	1,72	1,09	1,12	1,31
Целиница	1,8	1,25	0,85	1,3
Дар Черноземья	1,77	1,24	0,79	1,27
Саратовская золотистая	1,47	1,39	0,83	1,23
Донская элегия	1,3	1,45	0,92	1,22
Мелодия Дона	1,67	1,09	0,85	1,2
Аннушка	1,38	1,36	0,84	1,19
Харьковская 46	1,51	1,25	0,73	1,16
Вольнодонская	1,29	1,12	0,8	1,07
Средняя урожайность за год	1,65	1,26	0,94	1,28

И всё же урожайность яровой твёрдой пшеницы во многом зависит от климатических условий года. Так, в 2021 г. средний уровень урожая приведённых сортов равнялся 1,65 т/га, тогда как в неблагоприятный 2023 г. – 0,94 т/га.

По данным, полученным ранее [7] за пять предшествующих лет изучения (2017-2021 гг.), было выявлено, что такие показатели как высота растений, продуктивная кустистость и среднее число зёрен в колосе имели незначительные различия по сортам и существенно не влияли на продуктивность. Так, колебание по высоте не превышало 4 %, по продуктивной кустистости – 14 % и числу зёрен в колосе – 13 %. По силе кущения яровая твёрдая пшеница стоит на последнем месте среди хлебных культур [1]. Изученные сорта в среднем за 5 лет имели очень низкую продуктивную кустистость: от 1,1 до 1,35 колоса с растения. С урожайностью кустистость связана очень слабо ($r = -0,002$). Более всего урожайность у сортов яровой твёрдой пшеницы связана с массой 1000 зёрен. Связь между этими признаками средняя ($r = 0,67$) [7]. Урожайность является основополагающим показателем эффективности возделывания сорта [3; 14]. Поэтому так важно выявление связи её с признаками продуктивности.

Важным показателем для твёрдой пшеницы является сохранность растений к моменту уборки. По нашим данным [6], в среднем за 5 лет наблюдений сохранность растений по сортам равнялась 59,1 %, различаясь в пределах 8-11 %. Единственным сортом из изученных, обладающим более высокой и стабильной сохранностью, является Краснокутка 13, что указывает на высокую ценность этого сорта для создания местного селекционного материала. Низкое значение сохранности растений к моменту уборки обусловлено физиологией этой культуры. Всходы твёрдой пшеницы появляются лишь при влажности почвы в 50 %, тогда как всходы мягкой пшеницы появляются при влажности почвы в 40 % от полной её влагоёмкости [7]. Резкое нарастание температуры в весенний период и частые ветры, в условиях Волгоградской области, иссушают почву, что приводит к низкой полевой всхожести культуры и сохранности растений к моменту уборки. С урожайностью корреляционная

зависимость у этого показателя слабая ($r = 0,05$). Повышение нормы высева яровой твёрдой пшеницы на 30 % в наших исследованиях не привело к увеличению продуктивности культуры за счёт увеличения густоты стеблестоя. При увеличении густоты стеблестоя на 23-30 % наблюдалось снижение сохранности растений на 2-9 % [7].

Обычно в конце вегетации проводится сортовая прополка селекционных номеров. В сорте саратовской селекции Валентина было обнаружено в 2016 г. расщепление на разновидности *Leucomelan* и *Erytromelan*. Основная разновидность сорта *Leucomelan* характеризуется белым неопушённым колосом с чёрными остями. Вторая разновидность *Erytromelan* имеет красный неопушённый колос с чёрными остями. В обоих случаях чёрный цвет остей имеет слабую выраженность. В 2016 г. из расщепившихся растений сорта яровой твёрдой пшеницы Валентина было отобрано порядка 50 индивидуальных растений, которые были изучены в качестве исходного материала для создания новых сортов. В настоящее время из них испытываются 4 перспективных сортообразца [6]. В таблице 2 приведена урожайность и масса 1000 зерен этих образцов, а также показатели сортов Безенчукская 205 и Валентина за последние 3 года изучения. Средняя урожайность у всех 4 новых сортов превышала или была на уровне стандартного сорта Безенчукская 205, а два сорта по продуктивности достоверно превышали стандарт. Лучшему сорту (отбор № 5) присвоено название Цыцаревна. В 2024 году он будет проходить государственное сортоиспытание.

Создание сортов, адаптированных к засушливым условиям Волгоградской области, является важнейшим звеном в формировании высоких и стабильных урожаев [9; 11]. При этом адаптивные свойства сортов выступают не менее значимыми, чем продуктивные. Кроме того, использование в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными адаптивными свойствами особенно актуально в связи с глобальными изменениями климата в последние годы [5; 10]. По показателю коэффициента адаптивности (К.А.) оцениваются адаптивные возможности сортов. Если он превышает 100 %, то такой сорт потенциально продуктивен [8].

Таблица 2. Урожайность и масса 1000 зёрен перспективных сортообразцов яровой твёрдой пшеницы (2021-2023 гг.)

Название сорта	2021 г.		2022 г.		2023 г.		среднее	
	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г						
Безенчукская 205	1,73	38,3	1,39	41,9	1,13	40,8	1,42	40,3
Валентина	1,8	38,6	1,36	53,4	1,08	41,3	1,41	41,1
Отбор № 1	2	40,7	1,28	44,3	1,18	42,2	1,47	42,4
Отбор № 2	1,93	36,7	1,25	40	1,17	37,6	1,45	38,1
Отбор № 4	1,8	37,1	1,27	40	1,16	38	1,41	38,4
Отбор № 5 Цыцаревна	1,93	40,5	1,45	41,6	1,22	38,1	1,53	40
НСР0,5	0,06		0,03		0,04			

Таблица 3. Коэффициенты адаптивности сортов яровой твёрдой пшеницы, 2021-2023 гг.

Название сорта	Урожайность т/га				Коэффициенты адаптивности			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
Безенчукская 205	1,73	1,39	1,13	1,42	101,8	109,4	114,1	108,4
Луч 25	1,93	1,21	1,03	1,39	113,5	95,3	104	104,3
Краснокутка 13	1,53	1,31	1,15	1,33	90	103,1	116,2	103,1
Спадщина	1,91	1,27	0,77	1,32	112,3	100	77,8	96,7
НИК	1,7	1,12	1,1	1,31	100	88,2	111,1	99,8
Безенчукская 210	1,87	1,16	0,89	1,31	110	91,3	89,9	97,1
Безенчукская золотистая	1,67	1,26	1,01	1,31	98,2	99,2	102	99,8
Краснокутка 14	1,72	1,09	1,12	1,31	101,2	85,8	113,1	100
Целинница	1,8	1,25	0,85	1,3	105,9	98,4	85,9	96,7
Дар Черноземья	1,77	1,24	0,79	1,27	104,1	97,6	76,8	92,8
Саратовская золотистая	1,47	1,39	0,83	1,23	86,5	109,4	83,8	93,2
Донская элегия	1,3	1,45	0,92	1,22	76,5	114,2	92,9	94,5
Мелодия Дона	1,67	1,09	0,85	1,2	98,2	85,8	85,8	89,9
Аннушка	1,38	1,36	0,84	1,19	81,2	107,1	84,8	91
Харьковская 46	1,51	1,25	0,73	1,16	88,8	98,4	73,7	87
Вольнодонская	1,29	1,12	0,8	1,07	75,9	88,2	80,8	81,6
Валентина	1,8	1,36	1,08	1,41	105,9	107,1	109,1	107,4
Отбор № 1	2	1,28	1,18	1,47	117,6	100,8	119,2	112,5
Отбор № 2	1,93	1,25	1,17	1,45	113,5	98,4	118,2	110
Отбор № 4	1,8	1,27	1,16	1,41	105,9	100	117,2	107,7
Отбор № 5 Цыцаревна	1,93	1,45	1,22	1,53	113,5	114,2	123,2	117
Среднее значение	1,7	1,27	0,99	1,32	100			

В таблице 3 приведены значения коэффициентов адаптивности изучаемых сортов твёрдой пшеницы и наших новых сортов. Приведенные данные показывают, что из 17 сортов только 4 имели коэффициент адаптивности больше 100 %. Это Безенчукская 205, Луч 25, Краснокутка 13 и Валентина. Отдельно нужно отметить сорт Краснокутка 14, который имел коэффициент адаптивности 100 %. Эти сорта, в основном саратовской селекции, имеют безусловную ценность и должны вовлекаться в селекционный процесс при создании адаптивного селекционного материала. Новые сорта по адаптивности превышали как стандарт, так и исходный сорт Валентина. Особенно превышал отбор № 5 – Цыцаревна.

Выводы. Таким образом, изучение сортов и селекционного материала яровой твердой пшеницы в условиях Волгоградской области позволило отобрать 4 наиболее перспективных образца. Выделенные образцы по средней урожайности превышали стандартный сорт Безенчукская 205 на 2-8 %, а по коэффициенту адаптивности превышали 100 %. Лучшему перспективному образцу (отбор № 5) присвоено название Цыцаревна. Данный сорт

в настоящее время передан на Государственное сортоиспытание (рисунок).

Литература:

1. Гуляев Г. В. Гужов Ю. Л. Селекция и семеноводство полевых культур. М.: Агропромиздат, 1987. С. 228-255.
2. Елисеев С. Л. Повышение устойчивости производства зерна // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4(16). С. 15-20.
3. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3-6.
4. Игольникова Л. В. История создания уникального сорта яровой пшеницы Камышинская 3 / Перспективы развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 30-летию разработки и внедрению научно обоснованных систем сухого земледелия Волгоградской области, 14-16 июня 2016 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2016. С. 148-152.
5. Малокозова Е. И. Основные направления селекции яровой пшеницы на засухоустойчивость // Земледелие. 2018. № 3. С.37-39. DOI:10.24411/0044-3913-2018-10308



Рисунок. Лучшему перспективному образцу (отбор № 5) присвоено название Цыцаревна. Сорт в настоящее время передан на Государственное сортоиспытание.

6. Маркова И. Н., Гузенко А. Ю., Солонкин А. В. Перспективы создания адаптивных сортов твёрдой пшеницы для Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 3(63). С. 141-151. DOI:10.32786/2071-9485-2021-03-14

7. Наливкин А. А. Твёрдые пшеницы. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1953. С. 32-65.

8. Поползухин П. В., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья // Земледелие. 2018. № 3. С. 40-43. DOI:10.24411/0044-3913-2018-10309

9. Потанин В. Г., Алейников А. Л., Степочкин П. И. Новый подход к оценке Экологической пластичности сор-

тов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 18 (3). С. 548-552.

10. Karsai, Meszaros, Lang. Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley. Plant Breeding. 2001. No. 120 (3). Pp. 217-222.

11. Steinmaier N. Potential of pasture legumes in low-extremal-input and sustainable agriculture (leisa). 2. Farmer adaption of starter technology by farmer research groups in Luapua province, Zambia. Experimental agriculture. 2001. T.37. No3. pp. 309-317.

12. Hill C.B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop improvement. Frontiers in Plant Science. 2016. No. 7. pp. 1906.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.008.58-63

Spring Durum Wheat in the Volgograd Region: Varieties, Yield, Prospects of Cultivation

Irina N. Markova ✉, e-mail: markova2460@gmail.com, Cand. Sci. (Agr.), Senior Agronomist-Breeder, ORCID: 0000-0003-4761-0554

Laboratory of Breeding, Seed Production and Nursery –
«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru,
400062, Universitetskij pr-t, 97, Volgograd, Russia

Abstract. Currently, spring durum wheat is in little demand in the Volgograd Region, as it is significantly

inferior in productivity to winter wheat. Since 2015, the Kamyshinsky division of the Laboratory of

Breeding, Seed Production and Nursery of the FSC of agroecology RAS has been working to identify valuable properties and productivity parameters of spring durum wheat varieties for further organization of breeding work. The article presents data on the study of zoned and promising durum wheat varieties tested in 2021-2023 in the competitive nursery of the Kamyshinsky division as well as data on the study of four new spring durum wheat varieties of local breeding. New varieties were bred using individual selection from the Valentina wheat of Saratov selection which split into Leucomelan and Erytromelan subvarieties. They were sown during competitive variety test in four repetitions on plots of 25 m in size, with a production seeding rate of 3.5 millions of germinating grains per 1 ha. All new varieties exceeded or were at the level of the Bezenchukskaya 205 regional standard and old zoned varieties of spring durum wheat in terms of productivity and adaptive properties. The Tsitsarevna wheat had a maximum productivity excess of 8% on average over three years and significantly exceeded the standard. In 2024, the Tsitsarevna wheat was transferred to the State variety testing. Despite the obvious advantage of new varieties bred in the Kamyshinsky division of the FSC of agroecology RAS, their yield is still not high enough to compete with the traditional crop of the Region – winter wheat. Nevertheless, the high quality of spring durum wheat grain and the possibility of increasing its productivity allow us to hope for the demand for this crop in the future. It's new highly productive varieties may further affect the expansion of areas under durum wheat.

Keywords: spring durum wheat, breeding, selection, variety, yield, weight of 1000 grains, adaptability

Funding. The work was carried out within the framework of State Task No. FNFE-2022-0010 «Creation of new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, woody and shrubby plants with high productivity, quality and increased resistance to adverse environmental factors as well as new innovative technologies in seed production and nursery taking into account varietal characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation».

Citation. Markova I. N.. Spring Durum Wheat in the Volgograd Region: Varieties, Yield, Prospects of Cultivation. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):58-63. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.008.58-63

Received: 25.03.2024

Accepted: 24.05.2024

References:

1. Gulyaev G. V. Guzhov Yu. L. Breeding and seed production of field crops. M. Agropromizdat Publ. house. 1987, pp. 228-255. (In Russ.)
2. Eliseev S. L. Improving the sustainability of grain production. *Permskij agrarnyj vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2016;4(16):15-20. (In Russ.)
3. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. The method of identifying the potential productivity and adaptability of winter wheat varieties and breeding forms in yield terms. *Seleksiya i semenovodstvo*. 1994;2:3-6. (In Russ.)
4. Igol'nikova L. V. The history of the unique Kamyshinskaya 3 spring wheat creation. *Perspektivy razvitiya agrarnoj nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of the development and implementation of scientifically based dry farming systems in the Volgograd Region*, June 14-16, 2016. Volgograd. FSBEI HE Volgograd SAU Publ. house. 2016;148-152. (In Russ.)
5. Malokostova E. I. The main directions of spring wheat breeding for drought resistance. *Zemledelie*. 2018;3:37-39. (In Russ.). DOI:10.24411/0044-3913-2018-10308
6. Markova I. N., Guzenko A. Yu., Solonkin A. V. Prospects for the creation of adaptive durum wheat varieties for the Volgograd Region. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;3(63):141-151. (In Russ.) DOI:10.32786/2071-9485-2021-03-14
7. Nalivkin A. A. Durum wheat. Moscow. State Publishing House of Agricultural Literature. 1953, pp. 32-65 (In Russ.)
8. Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Assessment of productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the Siberian Near-Irtysh region conditions. *Zemledelie*. 2018;3:40-43 (In Russ.) DOI:10.24411/0044-3913-2018-10309
9. Potanin V. G., Alejnikov A. L., Stepochkin P. I. A new approach to assessing the ecological plasticity of plant varieties. *Vavilovskij žurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;18(3):548-552 (In Russ.)
10. Karsai, Meszaros, Lang. Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley. *Plant Breeding*. 2001;120 (3):217-222.
11. Steinmaier N. Potential of pasture legumes in low-extremal-input and sustainable agriculture (leisa). 2. Farmer adaption of starter technology by farmer research groups in Luapua province, Zambia. *Experimental agriculture*. 2001;37(3):309-317.
12. Hill C.B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:1906.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.

Влияние микробиологических препаратов на биохимические показатели развития растений нута и чины

Мария Владимировна Донская, e-mail: nmaria_87@mail.ru, к.с.-х.н., в.н.с.,
лаб. генетики и биотехнологии, ORCID ID 0000-0001-6257-0576,

Сергей Васильевич Бобков, к.с.-х.н., зав. лаб. физиологии и биохимии растений,
ORCID ID: 0000-0002-8146-0791

Надежда Олеговна Костикова, к.с.-х.н., в.н.с. лаб. физиологии и биохимии растений,

Михаил Михайлович Донской, к.с.-х.н., в.н.с. лаб. цифрового мониторинга в селекции и семеноводстве
«Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур», e-mail: office@vniizbk.ru,
302502, ул. Молодежная, 10, корп.1, пос. Стрелецкий, Орловский район, Орловская область, Россия

Аннотация. В условиях изменяющегося климата актуально увеличение посевных площадей под засухоустойчивыми культурами, такими как просо, соя, нут, чина и др., а также новыми сортами, способными выдерживать абиотические стрессы. Продуктивность сортов во многом зависит от погодных условий, поэтому необходима разработка агротехнических приемов возделывания, снижающих негативное влияние среды, повышающих устойчивость растений и создающих благоприятные условия для их развития. Цель исследований заключалась в изучении эффективности применения микробиологических препаратов на перспективных сортах нута и чины. Экспериментальная работа проводилась полевыми методами на опытном поле лаборатории генетики и биотехнологии и лабораторными методами в лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ ФНЦ ЗБК в 2020-2022 гг. Установлено, что применение микробиологических препаратов оказало положительное влияние на процессы роста и развития растений различных сортов нута и чины. Максимальный положительный эффект на накопление биомассы наблюдался в варианте с применением ризоторфина (штамм 527 для нута и штамм 2803 для чины). Предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами повышала содержание белка в зерне нута на 0,6-0,8 %, чины на 0,4-0,5 % к контролю. Наибольший эффект оказало применение ризоторфина и ризобин^{арпо} на нуте и ризоторфина, ризобин^{арпо} и микробиоком^{арпо} на чине. Микробиологические препараты повышали урожайность зерна нута на 8,0...18,6 %, чины на 1,1...5,1 % по сравнению с контролем. Полученные данные могут быть использованы для разработки элементов технологии возделывания сортов нута и чины с высокой симбиотической отзывчивостью.

Ключевые слова: нут, чина, сорт, микробные препараты, зерно, белок, урожайность.

Финансирование. Исследования выполнялись в ФГБНУ ФНЦ ЗБК в рамках госзадания FGZZ-2022-0005.

Цитирование. Донская М. В., Бобков С. В., Костикова Н. О., Донской М. М. Влияние микробиологических препаратов на биохимические показатели развития растений нута и чины // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 64-69. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.009.64-69

Поступила в редакцию: 08.05.2024

Принята к печати: 14.06.2024

Введение. Увеличение производства растительного белка – важная задача сельскохозяйственного производства нашей страны. Одним из факторов решения данной проблемы является увеличение площадей под посевами зерновых бобовых культур как за счет внедрения новых высокотехнологичных сортов традиционно выращиваемых культур, так и с помощью интродукции редких и новых видов, способных наиболее полно использовать климатические ресурсы зоны.

Особое внимание в исследовательской работе ФНЦ ЗБК уделяется биологической интенсификации полеводства за счет насыщения севооборотов зернобобовыми культурами, разрабатываются экологически и экономически оправданные технологии возделывания зернобобовых культур [8].

Определенный интерес представляют нут и чина, обладающие высоким биологическим и хозяйственным потенциалом и рядом преимуществ перед другими зерновыми бобовыми культурами

[3]. В связи с наметившимися глобальными и локальными климатическими изменениями их можно рассматривать как резерв засухоустойчивых культур. Как и другие бобовые растения, вступая в симбиоз с клубеньковыми бактериями, они обогащают почву азотом, однако различаются между собой по степени интенсивности и продолжительности азотфиксации [2].

Эффективность бобово-ризобияльного симбиоза и свободноживущих в почве азотфиксаторов можно повысить с помощью инокуляции семян и почвы [5; 10].

Перспективы использования биологического азота и микробиологических удобрений особенно актуальны в настоящее время в связи с нестабильным обеспечением сельского хозяйства минеральными и органическими удобрениями.

Предпосевная обработка семян бактериальными препаратами и микроудобрениями становится одним из важных факторов экологизации сель-

скохозяйственного производства и позволяет получать высокие, стабильные урожаи, обеспечивая при этом воспроизводство почвенного плодородия. Она повышает биологическую активность семян, активизирует физиологические процессы во время вегетации растений, усиливает адаптивные возможности в неблагоприятных условиях, улучшает качество выращиваемой продукции [1; 7; 9; 11].

Для выращивания нута и чины на севере Центрально-Черноземного региона России необходима разработка адаптивной технологии возделывания, одним из элементов которой является применение микробных биопрепаратов.

Применение однокомпонентных и комплексных инокулятов, обладающих комплексом положительных свойств для растений, обеспечит повышение эффективности растительно-микробного взаимодействия.

Цель исследований заключалась в изучении отзывчивости перспективных сортов нута и чины на применение микробиологических препаратов на основе новых штаммов ризобий.

Материал, методика и условия проведения исследований. Исследования выполняли в условиях северной части ЦЧР России (Орловская область).

Изучались сорта нута Аватар (рис. 1) и Краснокутский 123 и сорт чины Славянка (рис. 2), характеризующиеся высоким качеством зерна [6].

Опыты закладывали по следующим вариантам: 1 – контроль (без обработок); 2 – инокуляция семян Ризоторфином (для нута штамм 527, для чины – 2803); 3 – обработка семян препаратом Ризобин^{агро}; 4 – обработка семян комплексом микробиологических препаратов Микробиоком^{агро} (Ризобин^{агро}, Фосфостим^{агро} + Биопротид^{агро}).

Микробиологические препараты были получены: Ризоторфин из ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург), Ризобин^{агро}, Микробиоком^{агро} из ФГБНУ «НИИСХ Крыма» (г. Симферополь).

Метод размещения вариантов в полевом опыте систематический, повторность четырехкратная. Ученая площадь делянки 8,25 м². Агротехника под культуры общепринятая.

Даты посева: 2020 год – 22 апреля, 2021 год – 6 мая, 2022 год – 11 мая.

Посев сеялкой СКС-6-10 с шириной междурядий 15 см. Норма высева для нута 800 тыс. всхожих семян на 1 га, для чины – 1200 тыс. всх. семян на га. Инокуляция семян микробиологическими препаратами в день посева влажным способом по рекомендациям, предложенным производителями. Химические средства защиты растений не применяли. Уборку проводили вручную по мере созревания бобов малогабаритным комбайном САМПО-130.

Закладку полевых опытов, уход за посевами, фенологические наблюдения и структурный анализ растений осуществляли согласно методике

полевого опыта (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М.: Агропромиздат, 1985. 351с.) и методическим указаниям ВИР по изучению зерновых бобовых культур [4].

Оценка содержания белка в зерне нута и чины и в зеленой массе чины выполнена в лаборатории физиологии и биохимии растений по методу Къельдаля с использованием автоматической системы определения содержания белка UDK 152 и дигестора DK 8 (Velp Scientifica, Италия).

Определение содержания золы в надземной массе и корнях определяли путем сжигания навески в муфельной печи (Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.И. и др. *Методы биохимического исследования растений*. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.).

Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в приложении Microsoft Office Excel 2010.

Годы проведения исследований имели существенные погодные различия вегетационных периодов: 2020 г. характеризовался как достаточно увлажненный – ГТК=1,4; 2021 г. был засушливым – ГТК = 0,8; 2022 г. был слабо засушливым – ГТК=1,1.

Результаты и их обсуждение. Влияние микробиологических препаратов на нарастание биомассы и высоту растений.

Предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами увеличивала биомассу растений разных сортов нута на 2,0...21,1 % по сравнению с контролем (табл. 1). Микробные препараты повышали массу сухих растений на 1,4...22,3 %, высоту растений на 0,4...1,0 % по сравнению с контролем. Наибольшую эффективность оказала инокуляция семян нута штаммом Ризоторфина 527.

У сорта чины Славянка предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами повышала биомассу растений на 16,6...35,1 %, сухую массу растений на 10,2...24,9 % к контролю. При этом высота растений увеличилась на 7,0...7,4 %. Наибольшую эффективность имели варианты с применением штамма Ризоторфина 2803 и Ризобин^{агро}.

Влияние микробиологических препаратов на содержание белка в зеленой массе чины.

Содержание белка в зеленой массе чины в контрольном варианте, в среднем за три года изучения, составило 20,71 %, варьируя по годам от 19,90 % (2020 г.) до 21,30 % (2021 г.) (табл. 2). Применение микробиологических препаратов повышало содержание белка на 2,4 % по сравнению с контролем в варианте с предпосевной инокуляцией семян Ризоторфином (штамм 2803).

Максимальное содержание белка в зеленой массе чины (25,70 %) отмечалось в 2021 году в варианте с применением Ризоторфина, минимальное (17,20 %) в том же году в варианте с Ризобин^{агро}.

В целом необходимо отметить, что в зависимости от года биопрепараты оказывали различное влияние на содержание белка в зеленой массе растений чины.

Так, в 2020 году содержание белка увеличилось по сравнению с контролем в вариантах с применением Ризоторфина на 0,35 % и Ризобин^{агро} на 0,18 %;

в 2021 году – в варианте с Ризоторфином на 4,4 %; в 2022 году увеличение наблюдалось во всех вариантах опыта на 0,63...2,46 %.

Таблица 1. Масса и высота растений нута и чины при обработке микробиологическими препаратами в период отбора проб (бутонизация – начало цветения), среднее за 2020-2022 гг.

Признак	Вариант опыта			
	Контроль	Ризоторфин	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
Нут Аватар				
Сырая масса растения, г	20,90±1,8	25,33±1,9	17,73±1,0	19,41±1,3
Сухая масса растения, г	4,63±0,4	5,28±0,4	3,85±0,2	4,12±0,2
Высота растения, см	45,47±0,6	45,66±0,7	45,04±0,6	44,50±0,7
Нут Краснокутский 123				
Сырая масса растения, г	19,40±1,3	23,50±1,5	19,79±1,2	20,18±1,5
Сухая масса растения, г	4,35±0,3	5,32±0,3	4,41±0,2	4,61±0,3
Высота растения, см	47,44±0,6	47,87±0,8	47,83±0,9	47,93±1,0
Чина Славянка				
Сырая масса растения, г	14,57±1,4	19,69±2,2	17,49±1,6	16,99±1,3
Сухая масса растения, г	3,13±0,2	3,91±0,4	3,54±0,3	3,45±0,2
Высота растения, см	62,58±1,2	66,94±2,3	67,24±1,9	61,93±1,7

Таблица 2. Влияние микробиологических препаратов на содержание белка (%) в зеленой массе чины Славянка (бутонизация – начало цветения)

Вариант опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Контроль	19,90	21,30	20,92	20,71
Ризоторфин	20,25	25,70	23,38	23,11
Ризобин ^{агро}	20,08	17,20	22,98	20,09
Микробиоком ^{агро}	19,42	20,10	21,55	20,36
<i>HCP</i> ₀₅	0,75	1,12	1,23	

Таблица 3. Влияние микробиологических препаратов на содержание зольных элементов (%) в надземной массе и корнях нута и чины (бутонизация – начало цветения)

Культура, сорт	Части растений	Контроль	Ризоторфин	Ризобин ^{агро}	Микробиоком ^{агро}
2020 г.					
Нут Аватар	надземная масса	10,1	9,7	10,6	8,0
	корни	7,9	9,5	7,2	10,4
Нут Краснокутский 123	надземная масса	9,2	8,7	10,1	8,9
	корни	9,4	11,7	8,2	13,1
Чина Славянка	надземная масса	6,1	7,9	6,8	6,4
	корни	8,3	9,6	8,5	7,2
2022 г.					
Нут Аватар	надземная масса	7,0	8,1	7,3	8,1
	корни	6,8	7,9	7,5	8,4
Нут Краснокутский 123	надземная масса	7,8	7,3	6,7	7,4
	корни	8,0	8,5	7,3	7,3
Чина Славянка	надземная масса	5,7	5,7	5,1	5,5
	корни	7,3	7,4	7,5	6,9

Влияние микробиологических препаратов на содержание зольных элементов в растениях и корнях нута и чины.

Содержание золы в частях растений свидетельствует об их снабжении макро- и микроэлементами.

Инокуляция семян микробиологическими препаратами повышала содержание зольных элементов в надземной массе растений у сортов нута в 2020 году на 0,5...0,9 %, в 2022 году на 0,3...1,1 % по сравнению с контролем (табл. 3). Содержание зольных элементов в корнях растений нута увеличивалось в 2020 г. на 1,6...3,7 %, в 2022 г. на 0,5...1,6 % по сравнению с контролем. Наибольший эффект у нута наблюдался в 2020 году в варианте с применением Ризобин^{агро} для надземной массы и Ризоторфина и Микробиоком^{агро} для корней.

Предпосевная инокуляция семян чины микробиологическими препаратами повышала содержание зольных элементов в надземной массе только в 2020 году на 0,3...1,8 % по сравнению с контролем; в корнях растений на 0,2...1,3 % в 2020 г. и на 0,1...0,2 % в 2022 г.

Влияние микробиологических препаратов на содержание белка и урожайность зерна нута и чины.

Содержание белка в зерне и его качество зависят от ряда факторов: климат, технология выращивания, тип почвы, генотипические особенности сорта. У зерновых бобовых культур следует учитывать и фактор биологической фиксации азота воздуха.

Применением микробных препаратов оказывало влияние на содержание белка в зерне нута и чины лишь в отдельные годы исследований.

В 2020 году содержание белка в зерне нута в

контрольном варианте составило 21,0 % (Краснокутский 123) и 23,0 % (Аватар) (табл. 4). Инокуляция семян перед посевом повышала содержание белка на 0,3 % у сорта Аватар в варианте с Ризоторфином и на 0,5-0,6 % у сорта Краснокутский 123 в вариантах с Ризоторфином и Ризобин^{агро} соответственно.

В 2021 году прибавка к контролю по содержанию белка отмечена у сорта Аватар 0,2-0,8 % в вариантах с применением Ризоторфина и Ризобин^{агро}.

В 2022 году незначительное увеличение содержания белка (на 0,1 %) также отмечено у сорта Аватар в варианте с Ризобин^{агро}.

У чины Славянка содержание белка в контрольном варианте варьировало от 28,5 % в 2020 г. до 30,5 % в 2022 г. Предпосевная инокуляция семян повышала содержание белка в зерне чины в 2020 г. на 0,2-0,5 % в вариантах с Ризоторфином и Ризобин^{агро}, в 2022 г. на 0,2-0,4 % в вариантах с Ризоторфином и Микробиоком^{агро}.

Средняя за три года изучения урожайность зерна у сортов нута в контрольном варианте составила 2,38 т/га (Аватар), 1,83 т/га (Краснокутский 123), у чины Славянка – 1,77 т/га. Максимальная прибавка урожайности 3,4 ц/га отмечена у сорта Аватар в варианте с Ризоторфином, у сорта Краснокутский 123 – 3,3-3,4 ц/га в вариантах с Ризоторфином и Микробиоком^{агро}, у чины Славянка – 0,9 ц/га в варианте с Микробиоком^{агро}.

Необходимо отметить, что у сортов нута и чины в отдельные годы в вариантах, где отмечалась наибольшая урожайность зерна, наблюдалось сравнительно невысокое содержание белка в зерне.

Таблица 4. Сравнительная оценка сортов нута и чины по содержанию белка в зерне и урожайности при применении микробиологических препаратов, 2020-2022 гг.

Культура (сорт)	Вариант опыта	Содержание	Урожайность,	Содержание	Урожайность,	Содержание	Урожайность,
		белка, %	т/га	белка, %	т/га	белка, %	т/га
		2020		2021		2022	
Нут Аватар	Контроль	23,0	3,11	24,0	3,52	21,4	0,52
	Ризоторфин	23,3	3,17	24,2	3,50	20,7	1,49
	Ризобин ^{агро}	22,0	3,27	24,8	3,62	21,5	0,83
	Микробиоком ^{агро}	22,7	3,64	23,6	3,62	21,0	0,72
НСР 05		0,6	0,32	0,8	0,11	1,0	0,27
Нут Краснокутский 123	Контроль	21,0	1,83	24,3	3,15	22,1	0,52
	Ризоторфин	21,5	2,24	23,5	3,40	20,9	0,85
	Ризобин ^{агро}	21,6	2,33	23,9	3,32	21,7	0,64
	Микробиоком ^{агро}	21,0	2,33	24,0	3,42	21,7	0,76
НСР 05		0,5	0,34	0,7	0,20	0,4	0,26
Чина Славянка	Контроль	28,5	0,99	30,0	2,25	30,5	2,07
	Ризоторфин	28,7	0,85	29,6	2,22	30,7	1,94
	Ризобин ^{агро}	29,0	1,08	29,6	2,25	30,5	2,05
	Микробиоком ^{агро}	28,0	1,05	29,8	2,22	30,9	2,32
НСР 05		0,6	0,10	0,5	0,12	0,9	0,20



Рисунок 1. Сорт чины Славянка



Рисунок 2. Сорт нута Аватар

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что предпосевная инокуляция семян бактериальными препаратами способствовала формированию более мощных растений нута и чины. Максимальная прибавка биомассы наблюдалась в варианте с применением Ризоторфина и составила 21,1 % у сортов нута и 35,1 % у чины.

Инокуляция семян чины Ризоторфином (штамм 2803) повышала содержание белка в зеленой массе растений в среднем за годы исследований на 2,4 % по сравнению с контролем.

Микробиологические препараты способствовали накоплению зольных элементов в надземной массе и корнях растений нута и чины.

Погодные условия оказали значительное влияние на накопление белка в зерне. Наибольшее содержание белка по сравнению с контролем отмечалось у сортов нута в вариантах с инокуляцией семян Ризоторфином и Ризобин^{агро}, у чины положительный эффект наблюдался во всех вариантах опыта. Предпосевная инокуляция семян микробиологическими препаратами способствовала прибавке урожайности зерна нута на 3,3-3,4 ц/га, чины – на 0,9 ц/га по сравнению с контролем.

Литература:

1. Алферов А. А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы. М.: РАН, 2020. 184 с. DOI: 10.25680/VNIIA.2019.21.92.152
2. Васильчиков А. Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие. 2014. № 4. С. 8-11.
3. Вишнякова М. А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биолизации и экологизации растениеводства (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 3. С. 3-23
4. Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Буравцева Т. В. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.009.64-69

Influence of Microbiological Preparations on Biochemical Indices of Chickpea and Grass Pea Plant Development

Mariya V. Donskaya, e-mail: nmaria_87@mail.ru, Cand. Sci. (Agr.), Leading Researcher, Lab. of genetics and biotechnology, ORCID: 0000-0001-6257-0576,

Sergei V. Bobkov, Cand. Sci. (Agr.), Head Lab. of physiology and biochemistry of plants, ORCID: 0000-0002-8146-0791

Nadezhda O. Kostikova, Cand. Sci. (Agr.), Leading Researcher Lab. of physiology and biochemistry of plants,

Mikhail M. Donskoi, Cand. Sci. (Agr.), Leading Researcher Lab. digital monitoring in breeding and seed production Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops,

302502, Streletsky vill., Molodezhnaya str., 10, building 1, Oryol district, Oryol Region, Russia

бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания / под науч. ред. М.А. Вишняковой; рец. Н. Н. Чикида. – 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: ВИР, 2018. 143 с.

5. Волобуева О. Г. Повышение эффективности бобово-ризобиального симбиоза при участии биопрепарата и регуляторов роста // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. №3 (43). С. 26-32.

DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-26-32

6. Донская М. В., Бобков С. В., Костикова Н. О. Оценка качества зерна различных сортообразцов нута // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. №1 (37). С. 30-36. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-30-36

7. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019. № 8. С. 83-96.

DOI: 10.1134/S0002188119080143

8. Зотиков В. И., Полухин А. А., Грядунова Н. В. Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. №2 (46). С. 5-9.

DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9

9. Куликов Я. К. Экологические функции растительно-микробных симбиозов и их роль в развитии ресурсосберегающих биотехнологий // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук, 2022. Т. 67. № 2. С. 243 -256. Режим доступа <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-243-256>

10. Миннебаев Л. Ф., Кузина Е. В., Рафикова Г. Ф., Чанышев И. О., Логинов О. Н. Продуктивность бобово-ризобиального комплекса под влиянием ростстимулирующих штаммов микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология, 2019. Т. 54, № 3. С. 481-493.

DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.481rus

11. Пташник О. П. Технологические приемы выращивания нута в условиях степного Крыма // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. №4 (24). С. 13-19. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_30733273_41424691.pdf

Abstract. In conditions of changing climate, it is relevant to increase sown areas under drought-resistant crops such as millet, soybean, chickpea, grass pea, etc., as well as under new varieties able to withstand abiotic stresses. Their yields are strongly determined by weather conditions, so it is necessary to develop agronomic practices that can reduce the negative impact of the environment, increase plant resistance and create favorable conditions for their growth and development. The aim of the research was to study the effectiveness of microbiological preparations on promising varieties of chickpea and grass pea. Experimental work was carried out by field methods in the experimental field of Laboratory of genetics and biotechnology, and by laboratory methods in the Laboratory of plant physiology and biochemistry of FSBI FSC LGC in 2020-2022. As a result of this research it was found that the application of microbiological preparations stimulated the growth and development of plants of different varieties of chickpea and grass pea. The maximum positive effect on biomass accumulation was observed in the variant with application of rhizotorphin (strain 527 for chickpea and strain 2803 for grass pea). Presowing inoculation of seeds with microbiological preparations increased protein content in chickpea grain by 0.6-0.8 %, in grass pea grain – by 0.4-0.5 % compared to the control. Application of rhizotorphin and rhizobinagro on chickpea and rhizotorphin, rhizobinagro and microbiocomagro on grass pea had the greatest effect. Microbiological preparations increased chickpea grain yield by 8.0...18.6 %, grass pea grain yield by 1.1...5.1 % compared to the control. The data obtained can be used to develop technology elements for cultivating chickpea and grass pea crops with high symbiotic responsiveness.

Keywords: chickpea, grass pea, variety, microbial preparations, grain, protein, yields

Funding. The research was carried out at the FSBI FNC SBK within the framework of the state task FGZZ-2022-0005.

Citation. Donskaya M. V., Bobkov S. V., Kostikova N. O., Donskoi M. M. Influence of Microbiological Preparations on Biochemical Indices of Chickpea and Grass Pea Plant Development. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):64-69.
DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.009.64-69

Received: 08.05.2024

Accepted: 14.06.2024

References:

1. Alferov A. A. Associative nitrogen, yield and sustainability of the agroecosystem. Moscow. RAS Publ. house. 2020. 184 p. (In Russ.)
DOI: 10.25680/VNIIA.2019.21.92.152

2. Vasil'chikov A. G. Comparative assessment of values of the symbiotic nitrogen fixation by leguminous crops. *Zemledelie*. 2014;4:8-11. (In Russ.)

3. Vishnyakova M. A. The gene pool of leguminous crops and adaptive breeding as factors of biologization and ecologization of crop production (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2008;3:3-23. (In Russ.)

4. Vishnyakova M. A., Seferova I. V., Buravtseva T. V. [et al.] Collection of the world's genetic resources of grain legumes in VIR: replenishment, conservation and study: guidelines / under the scientific editorship of M.A. Vishnyakova; review by N. N. Chikid. 2nd ed., revised and add. Saint-Petersburg. VIR Publ. house. 2018. 143 p. (In Russ.)

5. Volobueva O. G. Increasing the effectiveness of legume-rhizobial symbiosis with the participation of a biological product and growth regulators. *Zernoboboye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2022;3(43):26-32. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-26-32. Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_49428336_44452798.pdf

6. Donskaya M. V., Bobkov S. V., Kostikova N. O. Grain quality assessment of various chickpea varieties. *Zernoboboye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2021;1(37):30-36. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-30-36 Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_44854869_93023354.pdf

7. Zavalin A. A., Alferov A. A., Chernova L. S. Associative nitrogen fixation and the practice of biological products using in crops. *Agrokhimiya*. 2019;8:83-96. (In Russ.) DOI: 10.1134/S0002188119080143

8. Zotikov V. I., Polukhin A. A., Gryadunova N. V. Development of innovative technologies in crop production based on breeding achievements. *Zernoboboye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2023;2(46):5-9. (In Russ.) DOI:10.24412/2309-348X-2023-2-5-9 Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_53991339_93012368.pdf

9. Kulikov Ya. K. Ecological functions of plant-microbial symbioses and their role in the resource-saving biotechnologies development. *Vestsi Natsyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological Series*. 2022;67(2):243-256. (In Russ.) Access mode: <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2022-67-2-243-256>

10. Minnebaev L. F., Kuzina E. V., Rafikova G. F., Chanyshev I. O., Loginov O. N. Productivity of the legume-rhizobial complex under the influence of growth-stimulating strains of microorganisms. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2019;54(3):481-493. (In Russ.) DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.481rus

11. Ptashnik O. P. Technological methods of chickpea cultivation in the steppe Crimea conditions. *Zernoboboye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2017;4(24):13-19. (In Russ.) Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_30733273_41424691.pdf

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Адаптивные сорта ярового ячменя Омской селекции

Петр Николаевич Николаев✉, e-mail: nikolaev@anc55.ru, к.с.-х.н., в.н.с., зав. лабораторией селекции зернофуражных культур, ORCID: 0000-0002-5192-2967

Оксана Александровна Юсова, к.с.-х.н., в.н.с., зав. лабораторией биохимии и физиологии растений, ORCID: 0000-0003-3679-8985

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», e-mail: 55asc@bk.ru, 644012, проспект Королева 26, г. Омск, Россия

Аннотация. В связи с климатическими изменениями последних десятилетий, которые оказывают непосредственное влияние на сельскохозяйственное производство, весьма актуальным является вопрос возделывания адаптивных сортов. Подобные сорта способны формировать стабильно повышенную урожайность независимо от складывающихся в период вегетации почвенно-климатических условий. Одним из основных направлений селекции ячменя в Омском аграрном научном центре является создание и внедрение в производство именно адаптивных сортов – по урожайности и по основным показателям качества зерна. Новизна исследований: впервые проведена оценка адаптивности по комплексу признаков у перспективных сортов ячменя Омской селекции в контрастных климатических условиях периодов вегетации с 2021 по 2023 г. Представлена оценка качественных показателей зерна по массовым долям белка, крахмала и сырого жира. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенного содержания в зерне белка сложились в 2021 г. (14,88 %), крахмала – в 2022 г. (58,04 %), сырого жира (2,05 %) и урожайности (4,19 т/га) – в 2023 г., в среднем по питомнику. Комплексом показателей (урожайность и повышенное качество зерна) характеризовались сорта Сибирский авангард, Омский 96 и Саша с прибавками 1,4...2,0 % к ст. по белку, 0,4...0,6 % по сырому жиру и на уровне стандарта по урожайности. Положительной характеристикой данных сортов является высокая отзывчивость на улучшение условий среды и высокая стабильность (при $b_i > 1$ и $\sigma_a^2 < 1$) по перечисленным признакам. Таким образом, для возделывания в сельскохозяйственном производстве рекомендуются сорта ячменя Сибирский авангард, Омский 96 и Саша, характеризующиеся адаптивностью к сложным климатическим условиям.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, качество зерна, урожайность, адаптивность, стабильность, пластичность.

Финансирование. Исследование проведено в рамках выполнения работ по тематике № FNUN-2022-0026 «Создание новых сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и твердой), зернобобовых (горох и соя), зернофуражных (ячмень, овес) культур и многолетних трав (люцерна, костреч безостый) с улучшенными показателями продуктивности и качества, повышенной устойчивостью к болезням, к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды.

Цитирование. Николаев П. Н., Юсова О. А. Адаптивные сорта ярового ячменя Омской селекции // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 70-75. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.010.70-75

Поступила в редакцию: 08.05.2024

Принята к печати: 12.06.2024

Введение. В последние десятилетия наблюдается заметное изменение климата (недостаток либо избыток влаги, экстремальные температуры, воздействие засухи и суховеев, возвратные заморозки), что в первую очередь ощущается в производстве продукции сельского хозяйства. Данные аспекты ставят задачу создания новых адаптивных сортов, устойчивых к резко континентальному климату региона с высокой засухоустойчивостью, продуктивностью для получения урожая при минимальных трудовых и материальных затратах [3].

Ячмень является ведущей зернофуражной культурой и занимает второе место по посевным площадям и валовому сбору зерна после озимой пшеницы. Благодаря своей высокой биологической пластичности эта культура возделывается во всех почвенно-климатических зонах [16].

Наиболее важными компонентами зерна яч-

меня являются белок и крахмал. По питательной ценности зерно ячменя превосходит пшеницу и кукурузу благодаря сбалансированному аминокислотному составу белка [15]. По биологическим особенностям ячмень довольно требователен к уровню минерального питания, что позволяет получать стабильные урожаи зерна ячменя [6].

Для удовлетворения потребностей населения в продуктах питания, прежде всего, необходимо создание качественных адаптивных сортов ячменя [8]. Именно сорт является наиболее доступным способом получения достаточного количества высококачественной продукции [12; 13], так как отвечает современным требованиям предприятий АПК [10]. Для его создания необходимо включать в программу гибридизации генотипы, сочетающие высокий потенциал продуктивности с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды [1; 17].

Цель исследований – дать оценку сортов ярового ячменя, селекции Омского аграрного научного центра, по адаптивности, урожайности и качеству зерна.

Материалы и методы исследований. Представлены данные исследований питомника конкурсного сортоиспытания с 2021 по 2023 гг., проведен анализ биохимического состава зерна: содержание азота в зерне определяли по Кьельдалю на анализаторе белка UDK 129 в комплекте; коэффициент пересчета азота на белок для зерна ячменя – 5,7. Содержание сырого жира – на приборе SER 148/6 (метод Сокслета) по разности обезжиренного и не обезжиренного остатка. Содержание крахмала в зерне – поляриметрическим методом (Плешков Б.В. *Практикум по биохимии растений*. М.: «Колос». 1985. 256 с.).

Проведен расчет параметров адаптивности по коэффициенту регрессии, который определяет пластичность сорта (b_i) и степени стабильности (Eberhart S.A., Russell W.A. *Stability parameters for comparing Varieties. Crop. sci.* 1966. Vol. 6. № 1. pp. 36–40.).

Статистическая обработка данных включала определение среднего значения показателя (\bar{x}), коэффициента вариации признака (CV), индекса условий окружающей среды (I_j) (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Москва: Альянс, 2011. 350 с.).

Объект исследований – сорт ячменя Омской селекции Сибирский авангард, Саша, Подарок Сибири, Омский 90, Омский 96 и линия Рикотензе 4885.

Стандартом выступал сорт Омский 99 – среднеспелый, устойчив к засухе, полеганию, слабовосприимчив к черной, каменной и пыльной головне. Обладает высокой потенциальной продуктивностью и качеством зерна.

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный. По обеспеченности растений основными элементами питания в слое почвы 0...50 см, согласно градации А.Е. Кочергина, содержание нитратного азота низкое (5,5 мг/кг). Обеспеченность P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) очень высокая и в среднем 241 мг/кг и 323,0 мг/кг почвы соответственно. Содержание гумуса (по Тюрину) варьировало от 5,80 до 7,60 % (Аринушкина В.А. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.).

Основная обработка почвы заключалась в послеуборочном лущении стерни и зяблевой вспашке. Обработку зяби выполняли путем закрытия влаги боронованием и последующей культивации (глубина 6...8 см).

Климатические условия периода исследований характеризовались как засушливые в 2020 и 2021 гг. (ГТК=0,58 и 0,77) и недостаток увлажнения отмечен в 2022 г. (ГТК = 1,00).

Результаты и их обсуждение. Основным компонентом зерна, указывающим на его питательность, является массовая доля белка [18], который

содержит все незаменимые аминокислоты, включая лизин и триптофан [5]. В наших исследованиях в среднем по питомнику максимальная массовая доля белка в зерне (14,88 %) сформировалась в 2021 г. при высоком положительном индексе условий окружающей среды ($I_j = 1,11$); минимальная – в 2022 г. (12,39 %; $I_j = -1,38$) (табл. 1). Белковость зерна стандарта, в среднем за период исследований, составила 12,6 % (Lim. = 11,36...13,35 %). Достоверное превышение данного показателя качества отмечено у сортов Сибирский авангард, Саша, Подарок Сибири, Омский 90 и Омский 96 (+1,40...2,01 % к st.) (рис.).

Основная масса зерна ячменя приходится на крахмал (от 55 до 70%) и изменяется при прорастании семян [2]. Высокая скорость ферментации данного компонента зерна обеспечивает синхронное высвобождение энергии, что улучшает усвоение организмом питательных веществ. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенного содержания в зерне крахмала сложились в 2022 г. (58,04 %; $I_j = 3,65$), наименее благоприятные – в 2021 г. (52,37 %; $I_j = -2,02$). Стандартный сорт Омский 99 характеризовался значением данного показателя на уровне 55,01 % (Lim. = 11,36...13,35 %) в среднем за период исследований. Среди исследуемых образцов лишь сорт Омский 96 и линия Рикотензе 4885 превышали стандарт по данному показателю на 1,9 %.

Ячмень является источником ценного по химическому составу пищевого масла, в состав которого входят полиненасыщенные жирные кислоты, которые играют важную роль в поддержании здоровья человека [14]. Повышенная масличность зерна, в среднем по питомнику, сформировалась в условиях периода вегетации 2023 г. (2,05 %; $I_j = 0,24$); пониженная – в 2021 г. (1,58 %; $I_j = -0,23$). Массовая доля сырого жира в зерне стандарта отмечена на уровне 1,56 % (Lim. = 1,25...1,90 %). Повышенной масличностью характеризовались сорта Сибирский Авангард и Саша (прибавка на 0,4 и 0,5 % к st.); на уровне стандарта – сорта Подарок Сибири, Омский 90, Омский 96 и линия Рикотензе 4885.

Урожайность складывается из отдельных элементов, определяется степенью их развития [4] и существенно зависит от уровня минерального питания и погодных факторов [7]. Повышенная урожайность зерна сформировалась в 2023 г. (4,19 т/га; $I_j = 0,63$), пониженная – в 2021 г. (2,76 т/га; $I_j = -0,79$), в среднем по питомнику. Урожайность стандарта составила 3,73 т/га (Lim. = 2,80...4,49 % т/га). Среди исследуемого материала не выявлено сортов, превышающих стандарт по данному показателю качества. На уровне стандарта – сорта Сибирский Авангард, Саша и Омский 96.

Вновь создаваемые сорта должны характеризоваться не только повышенными показателями качества зерна и продуктивности, но также должны обладать адаптивностью к изменяющимся условиям окружающей среды [11].

Таблица 1. Характеристика сортов ячменя по урожайности и качеству зерна

Сорт	Массовая доля белка, %			Массовая доля крахмала, %			Массовая доля сырого жира, %			Урожайность, т/га		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Омский 99, st.	13,55	11,36	12,90	50,10	62,50	52,50	1,22	1,55	1,90	2,80	4,49	3,90
Сибирский авангард	15,83	12,63	13,90	49,10	56,65	54,10	1,73	2,05	2,10	2,58	3,84	4,62
Саша	15,96	13,32	14,60	54,00	56,30	50,60	1,43	2,00	2,70	3,00	3,60	4,68
Подарок Сибири	15,59	13,14	14,50	52,60	55,95	52,90	1,63	2,00	1,50	2,97	3,12	4,37
Омский 90	14,43	13,05	14,50	48,50	55,10	50,00	1,76	1,50	1,80	2,45	3,42	4,00
Омский 96	15,52	12,12	14,40	56,95	60,00	53,80	1,92	1,85	2,60	2,58	4,00	4,27
Рикотензе 4885	13,31	11,12	13,50	55,35	59,80	55,50	1,42	1,75	1,80	3,00	3,50	3,50
\bar{x}	14,88	12,39	14,04	52,37	58,04	52,75	1,58	1,81	2,05	2,76	3,71	4,19
max	15,96	13,31	14,61	56,95	62,5	55,50	1,92	2,05	2,71	3,00	4,49	4,68
min	13,31	11,11	12,92	48,50	55,1	50,00	1,22	1,50	1,50	2,45	3,12	3,50
CV, %	7,46	7,11	4,53	6,20	4,70	3,70	15,22	12,29	21,74	8,35	12,04	10,02
Ij	1,11	-1,38	0,27	-2,02	3,65	-1,64	-0,23	0,01	0,24	-0,79	0,15	0,63

Примечание: \bar{x} – среднее значение показателя, CV – коэффициент вариации, Ij – индекс условий окружающей среды

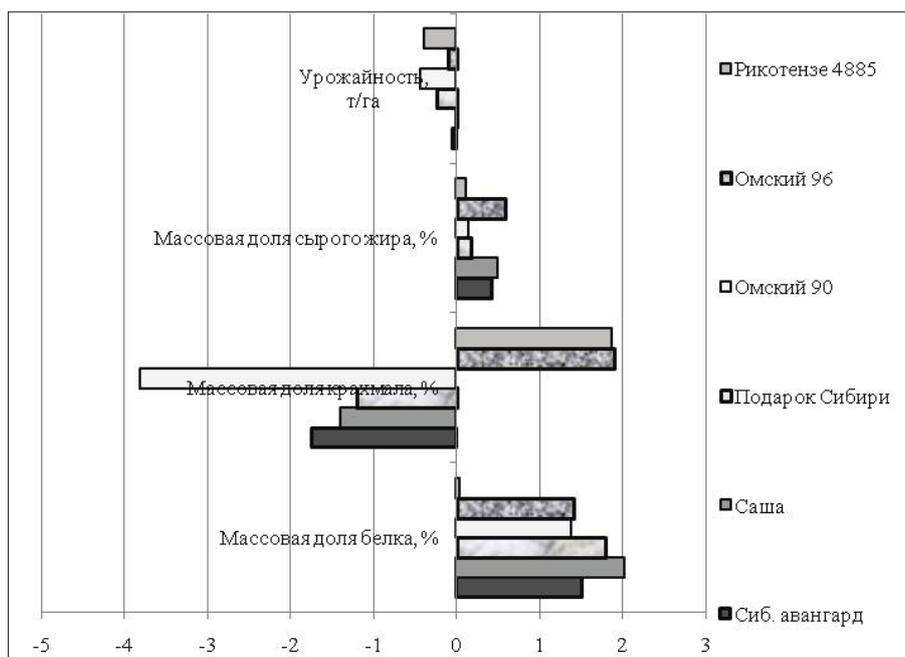


Рисунок. Характеристика сортов ячменя по урожайности и качеству зерна по отношению к стандарту, $\pm st.$

Отмечается, что сорта и гибриды интенсивной группы, несмотря на высокий потенциал продуктивности, слабо защищены от действия абио- и биофакторов. Данную проблему может решить селекция пластичных сортов. Высокую эффективность в этом случае имеет отбор пластичных линий [9].

Анализ коэффициентов регрессии (b_i) (табл. 2) позволил все исследуемые сорта по основным показателям качества зерна и продуктивности разделить на три группы:

1. $b_i > 1$: стандарт Омский 99 (массовая доля крахмала и сырого жира), Сибирский авангард

(урожайность и массовая доля белка), Саша (урожайность и массовая доля сырого жира), Омский 90 (урожайность и массовая доля крахмала), Омский 96 (урожайность, массовая доля белка и сырого жира). Перечисленные сорта относятся к интенсивному типу.

2. b_i от 0,96 до 1,06: Сибирский авангард (массовая доля крахмала), Саша и Рикотензе 4885 (массовая доля белка). Сорта данной группы характеризуются полным соответствием показателей качества изменению условий выращивания.

3. $b_i < 1$: стандарт Омский 99 (массовая доля белка и урожайность), Сибирский авангард (массовая

Таблица 2. Характеристика сортов ячменя по показателям адаптивности

Сорт	Массовая доля белка		Массовая доля крахмала		Массовая доля сырого жира		Урожайность	
	bi	(σ_d^2)	bi	(σ_d^2)	bi	(σ_d^2)	bi	(σ_d^2)
Омский 99, ст.	0,89	0,01	2,06	1,24	1,40	0,01	0,91	0,60
Сибирский авангард	1,21	0,49	0,97	10,54	0,80	0,01	1,42	0,01
Саша	1,02	0,13	0,70	6,92	2,73	0,01	1,11	0,17
Подарок Сибири	0,96	0,05	0,58	0,01	-0,30	0,12	0,87	0,39
Омский 90	0,60	0,18	1,08	0,60	0,10	0,05	1,08	0,01
Омский 96	1,37	0,01	0,81	6,00	1,47	0,11	1,23	0,06
Рикотензе 4885	0,96	0,56	0,80	0,01	0,80	0,01	0,38	0,02

Примечание: bi – коэффициент регрессии, (σ_d^2) – степень стабильности

доля сырого жира), Саша (массовая доля белка), Подарок Сибири (массовая доля белка, крахмала, сырого жира и урожайность), Омский 90 (массовая доля белка и сырого жира), Омский 96 (массовая доля крахмала), Рикотензе 4885 (массовая доля крахмала, сырого жира и урожайность).

Перечисленные сорта и линия относятся к экстенсивному типу.

Дополнительный параметр изменчивости – это степень стабильности (σ_d^2). При условии пониженных значений данного показателя наблюдается более высокая устойчивость исследуемого признака. Согласно полученным данным, все исследуемые образцы являются стабильными по урожайности, по массовой доле белка и сырого жира. Также сорта Подарок Сибири, Омский 90 и линия Рикотензе 4885 – стабильны по массовой доле крахмала, при $\sigma_d^2 < 1$.

Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью (при $bi > 1$ и $\sigma_d^2 < 1$) обладали стандартные сорта Сибирский авангард (массовая доля сырого жира и урожайность), Саша (массовая доля Сырого жира и урожайность), Омский 90 (массовая доля крахмала и урожайность), Омский 96 (массовая доля белка, сырого жира и урожайность).

Выводы. Таким образом, для условий резкоконтинентального климата Западной Сибири рекомендуются следующие адаптивные сорта ярового ячменя:

- Стандартный сорт Омский 99: стабилен ($\sigma_d^2 < 1$) по массовой доле белка, сырого жира и по урожайности.

- Сибирский авангард: характеризуется повышенной массовой долей белка в зерне (+1,5 % к st.) и урожайностью на уровне стандарта₂ (3,73 т/га), сорт пластичен и стабилен ($bi > 1$ и $\sigma_d^2 < 1$) по данным признакам. Также отмечена стабильно ($\sigma_d^2 < 1$) повышенная масличность зерна (+0,4 % к st.).

- Саша: характеризуется повышенной массовой долей в зерне белка (+2,0 % к st.) и сырого жира (+0,41 % к st.), урожайность на уровне стандарта (3,68 т/га). Сорт пластичен и стабилен ($bi > 1$ и $\sigma_d^2 < 1$) по урожайности и массовой доле белка, стабилен

($\sigma_d^2 < 1$) по масличности.

- Подарок Сибири: характеризуется стабильно ($\sigma_d^2 < 1$) высокой массовой долей белка в зерне (+1,79 % к st.), также стабилен по урожайности, массовой доле сырого жира и крахмала.

- Омский 90: характеризуется стабильно ($\sigma_d^2 < 1$) высокой массовой долей белка в зерне (+1,38 % к st.).

- Омский 96: характеризуется высокой массовой долей в зерне белка (+1,41 % к st.) и сырого жира (+0,58 % к st.); сорт пластичен и стабилен ($bi > 1$ и $\sigma_d^2 < 1$) по данным показателям.

- Рикотензе 4885: характеризуется стабильно ($\sigma_d^2 < 1$) высокой массовой долей крахмала в зерне (+1,87 % к st.).

Литература:

1. Андреев А. А., Драчева М. К. Изучение сортов ярового ячменя в коллекционном питомнике в северо-восточной части ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С.102-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-102-106

2. Андреев Н. Р., Гольдштейн В. Г., Вассерман Л. А., Носовская Л. П., Адикаева Л. В. Исследование модификации крахмала при проращивании зерна гороха, нута и голозерного ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 34(12). С. 90-94. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11215

3. Байдюсен А. А., Кушанова Р. Ж., Джатаев С. А., Середя Г. А., Середя Т. Г., Эльцер В. В. Результаты экологического изучения сортообразцов ярового ячменя международной коллекции в условиях центрального и Северного Казахстана // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (195). С. 21-28. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_44908763_55863473.pdf

4. Байкалова Л. П., Карвель А. Б. Влияние двуукосного использования на продуктивный стеблестой и урожайность сортов ярового ячменя // Кормопроизводство. 2023. № 3. С.18-22. Режим доступа: <https://kormoproizvodstvo.ru/3-2023/04-01-1658>

5. Бакаева Н. П., Васильев А. С. Фракционный состав белка зерна ярового ячменя сорта Поволжский 65 в агротехнологии Среднего Поволжья // Наука и образование. 2021. № 4. С. 2-7. Режим доступа: <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3341>

6. Голубь А. С. Оценка сортов ярового ячменя в условиях опытной станции СТГАУ // Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, члена-корреспондента ВАСХНИЛ М.И. Сидорова и 70-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Н.И. Зезюкова. 2019. С. 270-276. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_41450817_97714517.pdf

7. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В., Болдырев М. А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(1). С. 38-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47

8. Жұраев Д. Т., Куйлийев Н. Д. Ы. Отбор сортов и образцов ячменя по показателям продуктивности // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2-3(7). С. 87-89. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10101

9. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. №20(2). С.118-125. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125

10. Зубкович А. А., Марчук О. В., Потапчук А. В., Ярота А. А., Гриб Д. С., Трошин Д. И., Зенькович Т. И., Банцер Е. З. Новые белорусские сорта ярового пивоваренного ячменя // Наше сельское хозяйство. 2023. № 13(309). С. 31-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/pwoecl>

11. Мошанова Е. С., Баталова Г. А., Мухамадьяров Ф. Ф. Методические аспекты оптимального размещения посевов овса с учетом критериев адаптивности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 6.

С.15-16. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_12875409_39156014.pdf

12. Николаев П. Н. Адаптивность нового сорта ячменя ярового Омский 101 // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3(52). С. 48-58. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-48-58

13. Николаев П. Н., Юсова О. А., Кремпа А. Е. Новые перспективные линии ячменя пивоваренного направления селекции Омского аграрного научного центра // Земледелие. 2022. № 1. С. 39-43. DOI: 10.24412/0044-39132022-1-39-43

14. Полонский В. И., Сумина А. В., Герасимов С. А. Оценка образцов ячменя на адаптивность по содержанию масла в зерне в условиях Хакасии // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6(183). С.148-155. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_49305533_77966592.pdf

15. Солдатова Ю. В. Влияние листовой подкормки на продуктивность и качество зерна ячменя // Аграрные конференции. 2021. № 2(26). С. 20-26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46491810>

16. Фатуллаев П. У. Изучение сортов ячменя на качество зерна в условиях Нахичеванской автономной Республики Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2019. № 5(6). С. 145-152. DOI: 10.33619/2414-2948/43/19

17. Xu Zh., Shen Q., Zhang G. The Mechanisms for the Difference in Waterlogging tolerance Among sea Barley, Wheat and Barley // Plant Growth Regulation. 2022. № 96(3). P. 431-441. DOI: 10.1007/s10725-021-00789-3

18. Wang Ju., Li Ch., Yao L., Ma Z., Ren P., Si E., Li B., Meng Ya., Ma X., Yang Ke., Shang X., Wang H. Global Proteome Analyses of phosphorylation and Succinylation of Barley root Proteins in response to Phosphate Starvation and recovery // Frontiers in Plant Science. 2022. № 13. P. 917652. DOI: 10.3389/fpls.2022.917652

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.010.70-75

Adaptive Varieties of Omsk Breeding Spring Barley

Petr N. Nikolaev, e-mail: nikolaev@anc55.ru, Cand. Sci. (Agr.), Leader Researcher, Head of Laboratory of grain crops breeding, ORCID: 0000-0002-5192-2967

Oksana A. Yusova, Cand. Sci. (Agr.), Leader Researcher, Head of Laboratory of Plant Biochemistry and Physiology, ORCID: 0000-0003-3679-8985
"Omsk Agricultural Research Center", e-mail: 55asc@bk.ru, 644012,
Prosp. named after Korolev S.P., 26, Omsk city, Russia

Abstract. The issue of cultivating adaptive varieties is very relevant due to the climatic changes of recent decades, which have a direct impact on agricultural production. Such varieties are able to form consistently increased yields regardless of the soil and climatic conditions prevailing during the growing season. One of the main directions of barley breeding at the Omsk Agricultural Research Center is the creation and introduction of adaptive varieties into production (in terms of yield and basic grain quality indicators). The novelty of the research: an assessment of adaptability by a set of characteristics in promising barley varieties of Omsk breeding in contrasting climatic conditions of the growing season from 2021 to 2023 was carried out for the first time. The evaluation of grain quality indicators by mass fractions of protein, starch and crude fat is presented. The most favorable conditions

for the increased protein content formation in grain were in 2021 (14.88 %), starch – in 2022 (58.04 %), crude fat (2.05 %) and yield (4.19 t/ha) – in 2023, on average for the nursery. The Siberian Avangard, Omsk 96 and Sasha barleys were characterized by a set of indicators (yield and improved grain quality) with additions of 1.4...2.0 % to st. for protein, 0.4...0.6 % for crude fat and at the level of the yield standard. A positive characteristic of these varieties is their high responsiveness to improving environmental conditions and high stability (at $b_i > 1$ and $\sigma_a^2 < 1$) according to the listed characteristics. Thus, the Siberian Avangard, Omsk 96 and Sasha barleys, characterized by adaptability to difficult climatic conditions, are recommended for cultivation in agricultural production.

Keywords: spring barley, variety, grain quality, yield, adaptability, stability, plasticity

Funding. The study was carried out as part of the work on topic No. FNUN-2022-0026 "Creation of new of wheat (winter, spring soft and durum), leguminous (peas and soybeans), grain fodder (barley, oats) crops and perennial grasses (alfalfa, awnless rump) varieties with improved productivity and quality indicators, increased resistance to diseases, to unfavorable biotic and abiotic environmental factors.

Citation. Nikolaev P. N., Yusova O. A. Adaptive Varieties of Omsk Breeding Spring Barley. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):70-75.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.010.70-75

Received: 08.05.2024

Accepted: 12.06.2024

References:

1. Andreev A. A., Dracheva M. K. The study of spring barley varieties in a collection nursery in the north-eastern part of the Central Chernozem Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2021;3(39):102-106. (In Russ.). DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-102-106
2. Andreev N. R., Gol'dshtejn V. G., Vasserman L. A., Nosovskaja L. P., Adikaeva L.V. Study of starch modification during germination of peas, chickpeas and hullless barley. *Dostizhenija nauki itehniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(12):90-94. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11215
3. Bajdjusen A. A., Kushanova R. Zh., Dzhataev S. A., Sereda G. A., Sereda T. G., Jel'cer V. V. Results of an ecological study of spring barley varieties from the international collection in the Central and Northern Kazakhstan conditions. *Vestnik Altajskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2021;1(195):21-28. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_44908763_55863473.pdf
4. Bajkalova L. P., Karvel' A. B. The influence of double cutting on the productive stem and yield of spring barley varieties. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*. 2023;3:18-22. (In Russ.). Access mode: <https://kormoproizvodstvo.ru/3-2023/04-01-1658>
5. Bakaeva N. P., Vasil'ev A. S. Fractional composition of grain protein in Povolzhsky 65 spring barley in agricultural production of the Middle Volga region. *Nauka i obrazovanie*. 2021;4:2. (In Russ.) Access mode: <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3341>
6. Golub' A. S. Spring barley varieties evaluation in the StSAU experimental station conditions. Biologization of agriculture: prospects and real opportunities. Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of M.I. Sidorov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, corresponding member of VASKhNIL, and the 70th anniversary of the birth of N.I. Zezyukov, Doctor of Agricultural Sciences. 2019. pp. 270-276. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_41450817_97714517.pdf
7. Eroshenko L. M., Romahin M. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romahina V. V., Boldyrev M. A. Productivity, plasticity, stability and homeostaticity of spring barley

varieties in the Non-Chernozem zone conditions. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):38-47. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47

8. Zhÿraev D. T., Kujlijev N.D. Ÿ. Selection of barley varieties according to productivity indicators. *Life Sciences and Agriculture*. 2020;2-3(7):87-89. (In Russ.) DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125

9. Zhujkova O. A., Batalova G. A. Adaptability of lines and varieties of hullless oats in the Kirov Region conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(2):118-125. (In Russ.) DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125

10. Zubkovich A. A., Marchuk O. V., Potapchuk A. V., Jarota A. A., Grib D. S., Troshin D. I., Zen'kovich T. I., Bancer E. Z. New Belarusian varieties of spring brewing barley. *Nashe sel'skoe hozjajstvo*. 2023;13(309):31-35. (In Russ.) Access mode: <https://elibrary.ru/pwoecl>

11. Moshanova E. S., Batalova G. A., Muhamad'jarov F. F. Methodological aspects of oat crops optimal placement taking into account adaptability criteria. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2005;6:15-16. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_12875409_39156014.pdf

12. Nikolaev P. N. Adaptability of the new Omsky 101 spring barley. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2019;3(52):48-58. (In Russ.) DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-48-58

13. Nikolaev P. N., Jusova O. A., Krempa A. E. New promising lines of brewing barley selected by the FSBSI Omsk ASC. *Zemledelie*. 2022;1:39-43. (In Russ.) DOI: 10.24412/0044-39132022-1-39-43

14. Polonskij V. I., Sumina A. V., Gerasimov S. A. Evaluation of barley samples for adaptability in terms of oil content in grain in the Khakassia Republic conditions. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2022;6(183):148-155. (In Russ.). Access mode: https://elibrary.ru/download/elibrary_49305533_77966592.pdf

15. Soldatova Ju. V. The influence of foliar feeding on the productivity and quality of barley grain. *Agrarnye konferencii*. 2021;2(26):20-26. (In Russ.) Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46491810>

16. Fatullaev P. U. Study of barley varieties for grain quality in the Nakhchivan Autonomous Republic of Azerbaijan conditions. *Bulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2019;5(6):145-152. (In Russ.) DOI: 10.33619/2414-2948/43/19

17. Xu Zh., Shen Q., Zhang G. The Mechanisms for the Difference in Waterlogging tolerance Among sea Barley, Wheat and Barley. *Plant Growth Regulation*. 2022;96(3):431-441. DOI: 10.1007/s10725-021-00789-3

18. Wang Ju., Li Ch., Yao L., Ma Z., Ren P., Si E., Li B., Meng Ya., Ma X., Yang Ke., Shang X., Wang H. Global Proteome Analyses of Phosphorylation and Succinylation of Barley root Proteins in response to Phosphate Starvation and recovery. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:917652. DOI: 10.3389/fpls.2022.917652

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.

Индукция каллусогенеза и непрямого морфогенеза гибрида *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. в условиях *in vitro*

Надежда Геннадьевна Фоменко✉, e-mail: fomenko-n@vfanc.ru, аспирант, м.н.с.,
ORCID: 0000-0002-0783-6447,

Ольга Олеговна Жолобова, к.б.н., в.н.с., зав. лабораторией, ORCID: 0000-0002-1594-4181
лаборатория биотехнологий

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru,
400062, проспект Университетский 97, г. Волгоград, Россия

Аннотация. Виды и гибриды *Populus* часто используются в качестве модельных объектов в биотехнологии и селекции лесных деревьев, а также активно применяются в защитном лесоразведении, благодаря таким качествам, как быстрые темпы роста и хорошая адаптация к условиям деградированных почв. Культура растительных клеток и тканей может использоваться в качестве инструмента для селекции растений путем разработки стратегий отбора соматоклональных вариаций и устойчивых к стресс-факторам генотипов. В статье представлены результаты исследования по индукции каллусогенеза и непрямого морфогенеза у гибрида *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. (*Populus F₁*). В качестве первичных эксплантов использовали листовые сегменты и побеги растений, выращенных в культуре *in vitro*. Индукцию каллусогенеза осуществляли на питательной среде Murashige и Scoog (MS), дополненную синтетическим ауксином 2,4-Д либо цитокинином ТДЗ в пяти концентрациях 0,5-2,5 мг/л с интервалом 0,5. Активная индукция и формирование компактного первичного каллуса были достигнуты при невысоких концентрациях (0,5-1 мг/л) ТДЗ на листовых эксплантах. Для остановки ростовых процессов каллусной культуры и формирования морфогенных зон в качестве стресс-фактора использовали 20 г/л полиэтиленгликоля 6000, с последующим переносом трансплантов каллуса на питательную среду MS для непрямого регенерации побегов. Полученные регенеранты активно росли и укоренялись после их отделения от каллуса и переноса на свежую питательную среду. По результатам проведенного исследования разработан простой и эффективный протокол регенерации гибрида *Populus F₁* путем непрямого морфогенеза из каллусных тканей в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: каллус, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, тидиазурон, *Populus F₁*, непрямо морфогенез.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре *in vitro*».

Цитирование. Фоменко Н. Г., Жолобова О. О. Индукция каллусогенеза и непрямого морфогенеза гибрида *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. в условиях *in vitro* // Научно-агрономический журнал. 2024. 2(125). С. 76-81. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.011.76-81

Поступила в редакцию: 29.04.2024

Принята к печати: 11.06.2024

Введение. Виды и гибриды *Populus* интенсивно выращиваются для целлюлозной промышленности и производства биомассы. Поскольку растения данного вида отличаются быстрыми темпами роста и хорошо адаптируются к условиям деградированных почв, они активно применяются в защитном лесоразведении, рекультивации нарушенных ландшафтов и озеленении в регионах мира с умеренным климатом [2].

Тополь является одним из часто используемых модельных объектов в биотехнологии и селекции лесных деревьев. Однако длительность периода, необходимого для оценки наличия или отсутствия полезных признаков у растений, является серьезным ограничением для классической селекции [8]. Культура растительных клеток и тканей может использоваться в качестве инструмента для селекции растений, поскольку клетки под действием регуляторов роста претерпевают специфические

изменения в процессе культивирования. Таким образом, селекционеры могут разработать соответствующие стратегии отбора соматоклональных вариаций для получения улучшенных генотипов тополя по устойчивости к стресс-факторам и скорости роста [6; 15].

Метод культуры клеток и тканей, применяемый в биотехнологии растений, основывается на уникальном свойстве растительных клеток – тотипотентности. Это означает, что каждая клетка содержит полный генетический набор информации о структуре и функциях всего организма. Соответственно путем дифференцировки из одной клетки можно получить полноценное растение – регенерант [5; 10]. Исходя из этого основным аспектом в использовании культуры каллусной ткани является стимуляция морфогенеза и разработка эффективных протоколов регенерации целых растений. Опубликовано большое количество эксперимен-

тальных работ, посвященных изучению как образования каллусов *in vitro*, так и процессов морфогенеза у представителей многих семейств растений, в том числе и у видов и гибридов *Populus* [3; 13; 17]. Согласно литературным данным, на процесс индукции морфогенеза соматических клеток оказывают влияние различные экзогенные факторы (гормональный и минеральный состав питательной среды, условия культивирования *in vitro*, стресс-факторы и др.) и эндогенные (генотип донорного растения, его физиологический статус и др.) [10; 16; 18]. Оптимальный гормональный состав питательной среды, тип экспланта для индукции первичного каллуса, а также условия культивирования для получения растений-регенерантов необходимо подбирать эмпирическим путем индивидуально для каждого вида растения.

Цель нашего исследования – определить оптимальные условия для индукции каллусогенеза и способность к непрямому морфогенезу гибрида *Populus F₁* в условиях *in vitro*.

Материалы и методика исследования. Исследование проводилось в 3-кратной повторности в 2023 году на базе лаборатории биотехнологий селекционно-семеноводческого центра ФНЦ агроэкологии РАН. В качестве модельного объекта исследования был выбран гибрид тополя, который был получен в результате целенаправленного скрещивания *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. (*Populus F₁*).

Для индукции каллусогенеза использовали питательную среду, приготовленную по протоколу Murashige и Scoog (MS), дополненную синтетическими фитогормонами: ауксином 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) или цитокинином тидиазурон (ТДЗ), в пяти концентрациях от 0,5 до 2,5 мг/л, с интервалом 0,5. Инокуляцию первичных эксплантов осуществляли по той же методике, как и в предыдущем исследовании [5]. По истечении 28 дней культивирования на фитостеллажах СТЕЛЛАР-ФИТО LINE (Россия) с 16-ти часовым фотопериодом и температурой 22–24 °С осуществляли оценку свежей массы, морфологических характеристик первичного каллуса (цвет, структура) и индукции каллусогенеза (ИК), рас-

чет которой проводили по формуле [4]:

$$ИК = \frac{\text{кол} - \text{во каллуса индуцированное эксплантами}}{\text{общее кол} - \text{во инокулированных эксплантов}} * 100\%$$

Оценку массы свежего первичного каллуса реализовывали при помощи лабораторных весов ВЛ-120С (Россия). Данные были обработаны с использованием программного обеспечения StatSoft Inc. (USA). Для выявления статистической значимости различий между количественными показателями использовался критерий Фишера (F-тест), по результатам которого различия считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$. Полученные результаты представлены в виде средней арифметической с учетом ошибки среднего. Для наглядного представления данных и создания гистограмм использовали пакет программ Microsoft Excel.

Для остановки ростовых процессов и формирования морфогенных зон применяли осмотический стресс, для этого транспланты первичного каллуса в асептических условиях переносили на питательную среду MS, дополненную 20 г/л полиэтиленгликоля 6000 (ПЭГ 2 %), и культивировали при тех же условиях в течение 14 дней. После осуществляли отбор морфогенного каллуса с последующим его переносом на безгормональную питательную среду MS.

Результаты и обсуждение. При анализе полученных данных в ходе исследования было установлено, что *Populus F₁* обладает высокой способностью к каллусообразованию. На всех исследуемых вариантах питательных сред вне зависимости от гормона и его концентрации, а также от типа экспланта, индукция каллусогенеза составляла 91,7–100 % (таблица 1). Полученные данные согласуются с результатами ранее проводимых исследований у представителей рода *Populus*, 100 % индукция каллусогенеза была зафиксирована Erst A.A. с соавторами у *P. alba* и *P. nigra* на питательных средах MS с добавлением 2,4-Д [9], а в исследовании Maheshwari с соавторами аналогичные результаты активной индукции каллусных тканей (90–100 %) были получены у *P. angustifolia*, *P. balsamifera* и *P. deltoides* на питательных средах MS, дополненных зеатином и ТДЗ [14].

Таблица. Индукция каллусогенеза *Populus F₁* в зависимости от фитогормонов и их концентраций

мг/л	Индукция каллусогенеза, %	
	2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота	Тидиазурон
0,5	100±0,0 а	100±0,0 а
1	91,7±8,3 а	100±0,0 а
1,5	91,7±8,3 а	100±0,0 а
2	100±0,0 а	91,7±8,3 а
2,5	100±0,0 а	100±0,0 а

Примечание. В таблице представлены средние значения ± ошибка среднего, одинаковые буквы в столбце означают отсутствие статистических различий согласно F-тесту при $p < 0,05$.

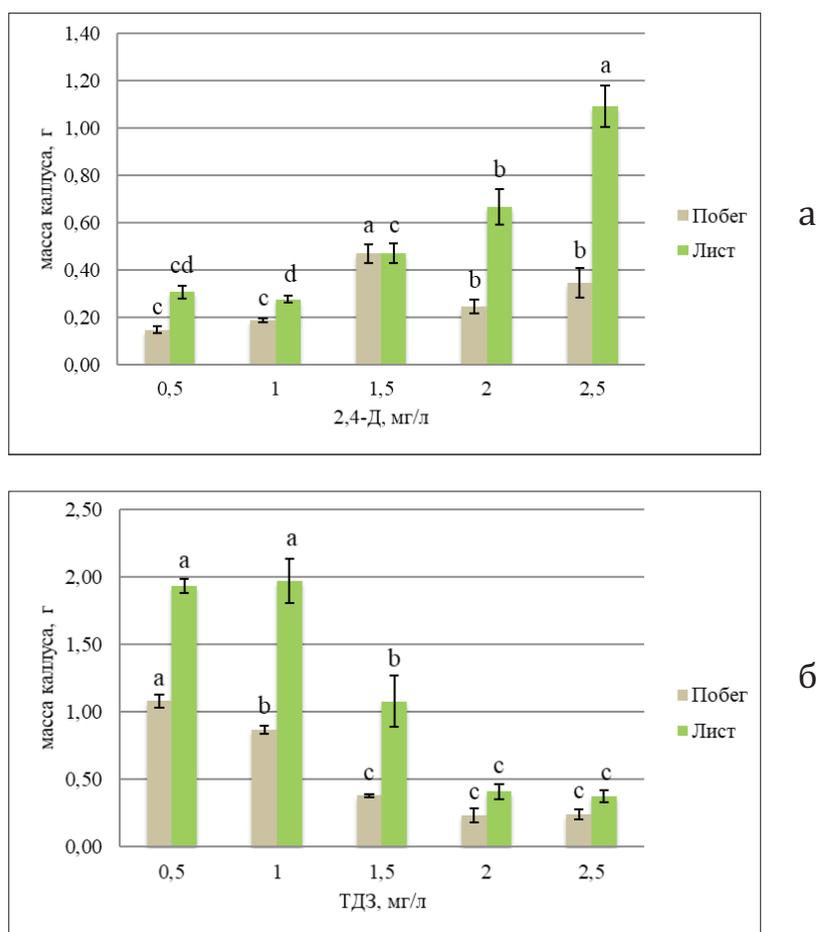


Рисунок 1. Прирост массы каллуса на эксплантах *Populus F₁* в зависимости от фитогормона и типа экспланта. На гистограммах представлены средние значения ± ошибка среднего. Разные строчные буквы (a-d) означают статистически значимые различия согласно F-тесту $p < 0,05$

Было отмечено, что на нарастание массы первичного каллуса оказывают влияние тип экспланта и концентрация фитогормона. Максимальные показатели массы каллусных тканей фиксировались на листовых эксплантах при концентрации ТДЗ 0,5-1 мг/л (1,93 и 1,97 г соответственно) и 2,4-Д 2,5 мг/л (1,09 г). О том, что лист является наиболее подходящим эксплантом для получения каллусных культур у представителей рода *Populus*, подтверждается и результатами исследования С. Билоус, согласно которым, было установлено, что фрагменты листовой пластины *Populus tremula* характеризуются более активным каллусогенезом, чем побеги [1]. Также была установлена прямая и обратная зависимость между массой образовавшегося каллуса и концентрацией 2,4-Д (рис. 1 а) и ТДЗ (рис. 1 б) соответственно.

При анализе морфологических особенностей каллусных тканей было установлено, что на структуру каллуса оказывает влияние концентрация и тип фитогормона, а также используемый первичный эксплант. На всех побеговых эксплантах вне зависимости от гормонального состава среды образовывался сильно обводненный рыхлый каллус белого и коричневого цвета (рис. 2 а, б). Аналогичный каллус формировался и на листо-

вых эксплантах в присутствии ауксина 2,4-Д на всех исследуемых концентрациях (рис. 2 в, г). Компактную, четко дифференцированную каллусную ткань удалось получить на питательной среде с низкими концентрациями ТДЗ (0,5 и 1 мг/л), при более высоких значениях цитокинина формировался плотный каллус (рис. 2 д, е). Данные согласуются с результатами Li Н. с соавторами, которые также определили, что низкие концентрации ТДЗ способствуют росту и пролиферации компактного каллуса у серого тополя (*P. tremula* × *P. alba*) [12].

После переноса полученных трансплантов первичного компактного каллуса на питательную среду с ПЭГ 2 % отмечалась остановка роста каллусных тканей, фиксировались четко оформленные морфогенные зоны (рис. 3). Полученные данные согласуются с результатами исследования Heringer с соавторами [11], которые сообщили, что добавление 10 % PEG-3350 в культуральную среду увеличивало количество и качество морфогенных каллусов у *Carica papaya* L.

У отобранных морфогенных каллусов после переноса на безгормональную питательную среду MS отмечались активные ростовые процессы (рис. 4 а).

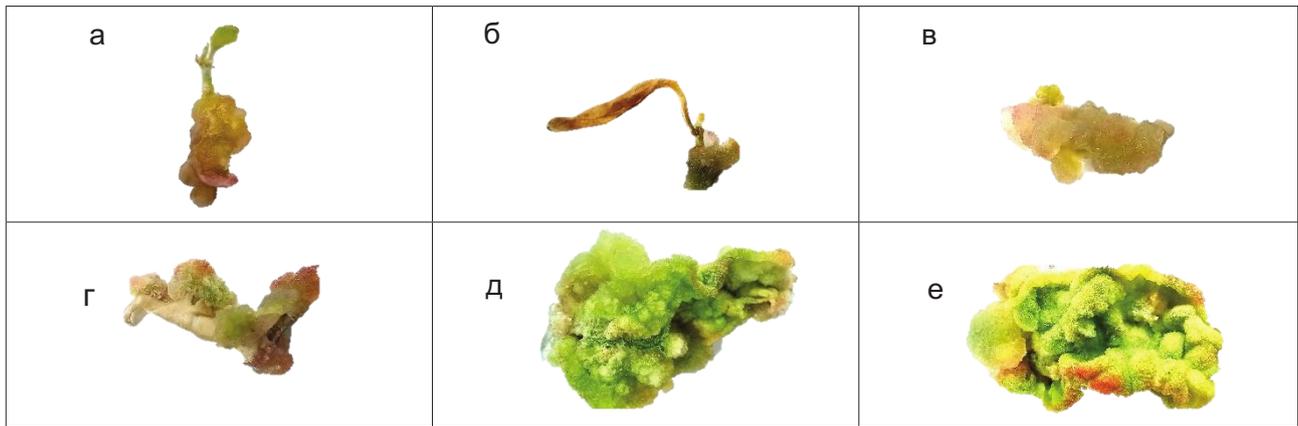


Рисунок 2. Морфологические особенности первичных каллусных тканей *Populus F₁* в зависимости от типа экспланта, фитогормона и его концентрации: а – 2,4-Д 1 мг/л; б – ТДЗ 2 мг/л; в – 2,4-Д 2,5 мг/л; г – 2,4-Д 1 мг/л; д – ТДЗ 0,5 мг/л; е – ТДЗ 2 мг/л. Масштаб 0,5 см

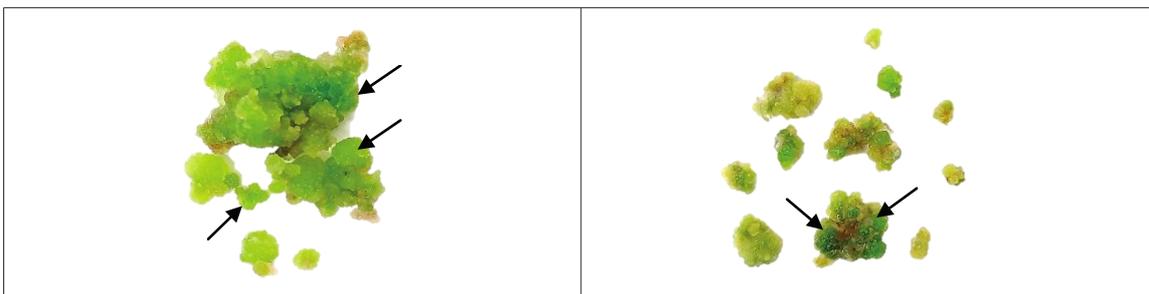


Рисунок 3. Формирование морфогенных зон первичного каллуса после 14 дней культивирования на питательной среде с ПЭГ 2 %. Стрелками обозначены морфогенные очаги. Масштаб 0,5 см

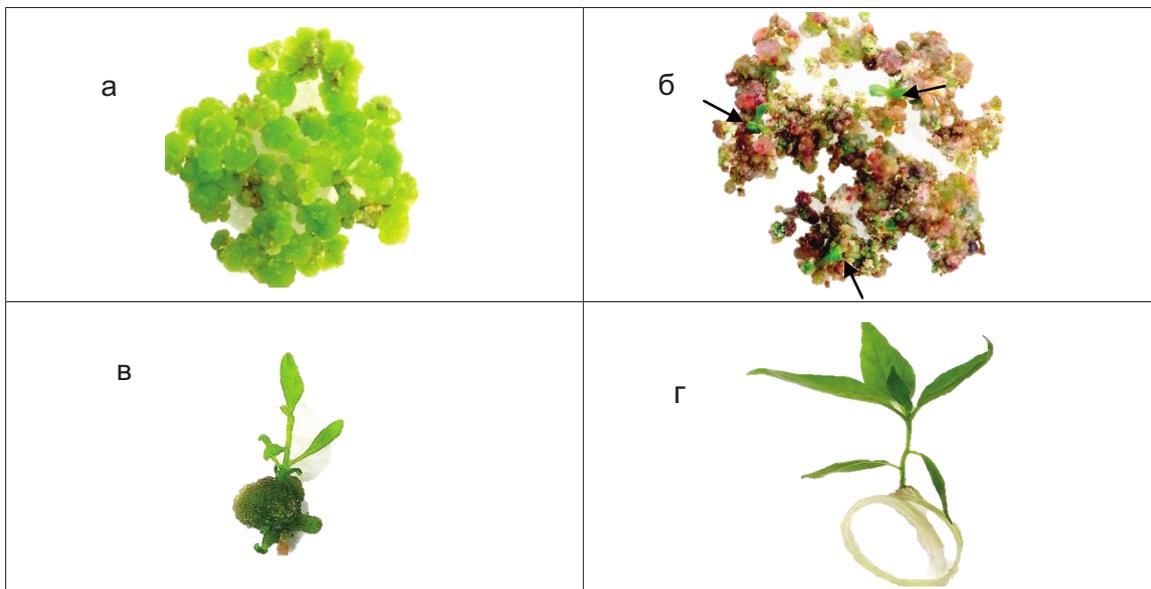


Рисунок 4. Непрямая регенерация *Populus F₁* на питательной среде MS из каллусных тканей: а – нарастание морфогенного каллуса после переноса на среду MS; б – начало непрямого регенерации из каллуса (стрелками показаны точки регенерации из каллуса); в – полученные регенеранты с признаками витрификации; г – *Populus F₁* через 3 недели после отделения от каллуса и переноса на среду MS. Масштаб 0,5 см

Разрастающийся каллус субкультивировали на свежую питательную среду каждые 3 недели. После 4 пассажа рост каллуса прекратился, и отмечались активные процессы непрямого морфогенеза из каллусных тканей (рис. 4 б). Формировавшиеся растения имели признаки обводненности листьев (рис. 4 в). Однако после их отделения от

каллуса и переноса на питательную среду MS, по истечении 4 недель признаки витрификации исчезали, а у растений отмечался активный рост и хорошее укоренение (рис. 4 г).

Заключение. По результатам проведенного исследования разработан простой и эффективный протокол регенерации гибрида тополя

Populus deltoides Marshall × *Populus alba* L. путем непрямого морфогенеза из каллусных тканей в культуре *in vitro*. Активная индукция и формирование компактного первичного каллуса были достигнуты при невысоких концентрациях (0,5-1 мг/л) ТДЗ на листовых эксплантах. Для остановки ростовых процессов и формирования морфогенных зон полученный каллус культивируется на среде MS, дополненной ПЭГ 2 % в течение 14 дней с последующим субкультивированием на безгормональной питательной среде для непрямой регенерации побегов. Полученные регенераты активно росли и укоренялись после их отделения от каллуса и переноса на свежую среду MS.

Данный протокол может быть использован для проведения дальнейших исследований по тканевой селекции и отбора устойчивых форм *Populus F₁* к различным абиотическим стресс-факторам.

Литература:

1. Билоус С. Особенности непрямого морфогенеза осины (*Populus tremula* L.) зеленокорой формы. ResearchGate. 2013;1(73):45-51. https://www.researchgate.net/publication/320016318_The_features_indirect_morphogenesis_of_aspen_Populus_tremula_L_green-bark_form
2. Зинатуллина А. Е. Структурные особенности клеток эксплантов *in vivo* и формирование морфогенных каллусов *in vitro* (обзор) // Биомика. 2021. Т. 13. № 1. С. 8-19. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-2
3. Круглова Н. Н. Органогенез *in vitro* как реализация свойства плюрипотентности стволовых клеток морфогенного каллуса // Экобиотех. 2023. Т. 6. № 2. С.104-112. DOI:10.31163/2618-964X-2023-6-2-104-112
4. Фоменко Н. Г., Жолобова О. О. Определение потенциала клонового подвоя ВСЛ-2 к каллусогенезу в условиях *in vitro* / X Международная конференция молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов и молекулярных биологов. 2023. С. 258-259. DOI: 10.25205/978-5-4437-1526-1-139
5. Фоменко Н. Г., Жолобова О. О. Оценка способности к каллусообразованию некоторых древесных растений в культуре *in vitro* // Научно-агрономический журнал. 2023. № 3 (122). С. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80
6. Чепурной В. С., Максимцов Д. В. Практическая агролесомелиорация: Методические указания по изучению эколого-биологических особенностей и морфологических признаков древесных видов для защитного лесоразведения. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2016. 98 с.

DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.011.76-81

Induction of Callusogenesis and Indirect Morphogenesis in the *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. Hybrid *in vitro*

Nadezhda G. Fomenko✉, e-mail: fomenko-n@vfanc.ru, Postgraduate student, ORCID: 0000-0002-0783-6447
Olga O. Zholobova, Cand. Sci. (Biol.), Leader Researcher, ORCID: 0000-0002-1594-4181
Laboratories of Biotechnology

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt 97, Volgograd, Russia

Abstract. *Populus* species and hybrids are often used as model objects in biotechnology and forest tree breeding, and are also actively used in protective afforestation, due to such qualities as fast growth rates and good adaptation to degraded soil conditions. The

7. Ayesh G., Pankaj K., Ajay K. T., Dinesh K. S. *In vitro* plant regeneration studies and their potential applications in *Populus spp.*: a review. *Israel Journal of Plant Sciences*. 2016;63(2):77-84. DOI: 10.1080/07929978.2015.1076982

8. Confalonieri M., Balestrazzi A., Bisoffi S. et al. *In vitro* culture and genetic engineering of *Populus spp.*: synergy for forest tree improvement. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2003;72:109-138. DOI: 10.1023/A:1022265504775

9. Erst A. A. Bakulin V. T., Erst A. S., Kuznetsov A. A., Bayahmetov E. Z. *In vitro* propagation of ornamental hybrids of *Populus L.* *Biosci. Biotech. Res. Asia*. 2014;11:69-77. DOI: 10.13005/bbra/1442

10. Feher A. Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology? *Front. Plant Sci*. 2019;10:536. DOI: 10.3389/fpls.2019.00536

11. Heringer A. S. Vale E. M., Barroso T., Santa-Catarina C., & Silveira V. Polyethylene glycol effects on somatic embryogenesis of papaya hybrid UENF/CALIMAN 01 seeds. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2013;25:116-124. DOI: 10.1590/S2197-00252013000200004

12. Li H., Wang H., Guan L., Li Z., Wang H., Luo J. Optimization of High-Efficiency Tissue Culture Regeneration Systems in Gray Poplar. *Life*. 2023;13(9):1896. DOI: 10.3390/life13091896

13. Ma C., Goddard A., Peremyslova E. Duan C., Jiang Y., Nagle M., Strauss S. H. Factors affecting *in vitro* regeneration in the model tree *Populus trichocarpa* L. Medium, environment, and hormone controls on organogenesis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(6):837-852. DOI: 10.1007/s11627-022-10301-9

14. Maheshwari P., Kovalchuk I. Efficient shoot regeneration from internodal explants of *Populus angustifolia*, *Populus balsamifera* and *Populus deltoides*. *New biotechnology*. 2011;28(6):778-787. DOI: 10.1016/j.nbt.2011.05.005

15. Orzechowska M., Stępień K., Kamińska T. Siwińska D. Chromosome variations in regenerants of *Arabidopsis thaliana* derived from 2- and 6-week-old callus detected using flow cytometry and FISH analyses. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2013;112:263-273. DOI: 10.1007/s11240-012-0232-8

16. Su Y. H., Tang L. P., Zhao X. Y., Zhang X. S. Plant cell totipotency: Insights into cellular reprogramming. *Int. J. Plant Biol*. 2021;63(1):228-243. DOI: 10.1111/jipb.12972

17. Twaij B.M., Jazar Z.H., Hasan M.N. Trends in the Use of Tissue Culture, Applications and Future Aspects. *Int. J. Plant Biol*. 2020;11(1):8385. DOI: 10.4081/pb.2020.8385

18. Xu C., Hu Y. The molecular regulation of cell pluripotency in plants. *aBIOTECH*. 2020;1:169-177. DOI: 10.1007/s42994-020-00028-9

use of plant cell and tissue culture is an important tool for plant breeding, carried out by developing strategies for the selection of somaclonal variations and stress-resistant genotypes. An important step in the callusogenesis induction and indirect morphogenesis

is the selection of the optimal hormonal composition in the nutrient environment and the type of explant, as well as cultivation conditions for obtaining regenerating plants, which must be carried out empirically individually for each plant species. The aim of our study was to determine the optimal conditions for the callusogenesis induction and the ability to indirect morphogenesis in the *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. hybrid *in vitro* conditions. Leaf segments and shoots of plants which has been grown *in vitro* culture were used as primary explants. The induction of callusogenesis was carried out on Murashige and Scoog (MS) nutrient environment supplemented with synthetic auxin 2,4-D or cytokinin tiazuron (TDZ) at five concentrations of 0.5-2.5 mg/l with an interval of 0.5. Active induction and formation of a compact primary callus were achieved at low concentrations (0.5-1 mg/l) TDZ on leaf explants. To stop the growth processes of the callus culture and the formation of morphogenic zones, 20 g/l of polyethylene glycol 6000 was used as a stress factor, followed by the transfer of callus transplants to the MS nutrient environment for indirect regeneration of shoots. The resulting regenerants actively grew and took root after they were separated from the callus and transferred to a fresh nutrient environment. Simple and effective protocol for the *Populus F₁* hybrid regeneration by indirect morphogenesis from callus tissues *in vitro* culture has been developed based on the results of the study.

Keywords: callus, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, tiazuron, *Populus F₁*, indirect morphogenesis.

Funding. The work was carried out within the framework of the state task for the FSC of agroecology RAS No. 122020100427-1 «Develop the scientific foundations for the conservation and reproduction of valuable genotypes of woody and shrubby plants *in vitro*».

Citation. Fomenko N. G., Zholobova O. O. Induction of Callusogenesis and Indirect Morphogenesis in the *Populus deltoides* Marshall × *Populus alba* L. Hybrid *in vitro*. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;2(125):76-81. DOI: 10.34736/FNC.2024.125.2.011.76-81

Received: 29.04.2024

Accepted: 11.06.2024

References:

1. Bilous S. Features of indirect morphogenesis of aspen (*Populus tremula* L.) with a green-bark form. 2013;1(73):45-51.
2. Zinnatullina A. E. Structural features of explant cells *in vivo* and the formation of morphogenic calli *in vitro* (review). *Biomika*. 2021;13(1):8-19. (In Russ.) DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-2
3. Kruglova N. N. Organogenesis *in vitro* as the realization of the pluripotency property of morphogenic callus stem cells. *E'kobiotech = Ecobiotech*. 2023;6(2):104-112. DOI:10.31163/2618-964X-2023-6-2-104-112 (In Russ.)
4. Fomenko N. G., Zholobova O. O. Determination of the potential of the VSL-2 clonal rootstock for callusogenesis *in vitro*. X International Conference of Young Scientists: Bioinformatics, Biotechnologists, Biophysicists, Virologists

and Molecular Biologists. 2023. pp. 258-259. (In Russ.) DOI: 10.25205/978-5-4437-1526-1-139

5. Fomenko N. G., Zholobova O. O. Assessment of the ability to callus formation of some woody plants *in vitro* culture. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):75-80. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80

6. Chepurnoy V. S., Maksimov D. V. Practical agroforestry: Methodological guidelines for the study of ecological and biological features and morphological features of woody species for protective afforestation. Krasnodar. Kuban State Agrarian University, 2016. 98 p. (In Russ.)

7. Ayesh G., Pankaj K., Ajay K. T., Dinesh K. S. *In vitro* plant regeneration studies and their potential applications in *Populus spp.*: a review. *Israel Journal of Plant Sciences*. 2016;63(2):77-84. DOI: 10.1080/07929978.2015.1076982

8. Confalonieri M., Balestrazzi A., Bisoffi S. et al. *In vitro* culture and genetic engineering of *Populus spp.*: synergy for forest tree improvement. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2003;72:109-138. DOI: 10.1023/A:1022265504775

9. Erst A. A. Bakulin V. T., Erst A. S., Kuznetsov A. A., Bayahmetov E. Z. *In vitro* propagation of ornamental hybrids of *Populus* L. *Biosci. Biotech. Res. Asia*. 2014;11:69-77. DOI: 10.13005/bbra/1442

10. Feher A. Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology? *Front. Plant Sci*. 2019;10:536. DOI: 10.3389/fpls.2019.00536

11. Heringer A. S., Vale E. M., Barroso T., Santa-Catarina C., & Silveira V. Polyethylene glycol effects on somatic embryogenesis of papaya hybrid UENF/CALIMAN 01 seeds. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2013;25:116-124. DOI: 10.1590/S2197-00252013000200004

12. Li H., Wang H., Guan L., Li Z., Wang H., Luo J. Optimization of High-Efficiency Tissue Culture Regeneration Systems in Gray Poplar. *Life*. 2023;13(9):1896. DOI: 10.3390/life13091896

13. Ma C., Goddard A., Peremyslova E. Duan C., Jiang Y., Nagle M., Strauss S. H. Factors affecting *in vitro* regeneration in the model tree *Populus trichocarpa* I. Medium, environment, and hormone controls on organogenesis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(6):837-852. DOI:10.1007/s11627-022-10301-9

14. Maheshwari P., Kovalchuk I. Efficient shoot regeneration from internodal explants of *Populus angustifolia*, *Populus balsamifera* and *Populus deltoids*. *New biotechnology*. 2011;28(6):778-787. DOI: 10.1016/j.nbt.2011.05.005

15. Orzechowska M., Stępień K., Kamińska T. Siwińska D. Chromosome variations in regenerants of *Arabidopsis thaliana* derived from 2- and 6-week-old callus detected using flow cytometry and FISH analyses. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2013;112:263-273. DOI: 10.1007/s11240-012-0232-8

16. Su Y.H., Tang L.P., Zhao X.Y., Zhang X.S. Plant cell totipotency: Insights into cellular reprogramming. *Int. J. Plant Biol*. 2021;63(1):228-243. DOI: 10.1111/jipb.12972

17. Twaij B.M., Jazar Z.H., Hasan M.N. Trends in the Use of Tissue Culture, Applications and Future Aspects. *Int. J. Plant Biol*. 2020;11(1):8385. DOI: 10.4081/pb.2020.8385

18. Xu C., Hu Y. The molecular regulation of cell pluripotency in plants. *aBIOTECH*. 2020;1(3):169-177. DOI: 10.1007/s42994-020-00028-9

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.



Юбилей профессора



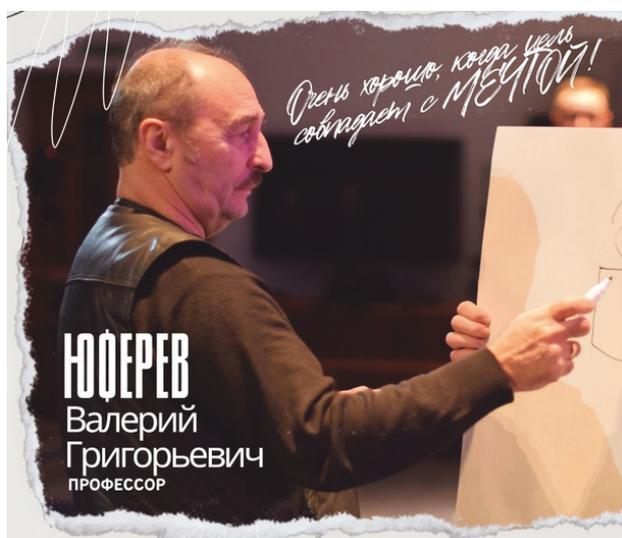
Наш юбиляр – **Юферев Валерий Григорьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, Лауреат премии Волгоградской области в области науки и техники 2007, 2012 гг., работает в ФНЦ агроэкологии РАН с июля 1999 года.

Специалист в области геоинформационного моделирования и картографирования, автор 293 опубликованных научных работы, из них 6 монографий, 20 патентов по способам дистанционной оценки состояния сельскохозяйственных угодий и лесных насаждений, а также по способам защиты территорий от деградации, 1 авторского свидетельства и 18 свидетельств о регистрации баз данных.

Основными научными результатами учёного являются: теория прогнозно-динамического моделирования пространственно-временной динамики состояния агроландшафтов на основе геоинформационных технологий и аэрокосмических

данных; теоретические и методологические основы математико-картографического моделирования структуры, состояния, функционирования и эволюции агролесоландшафтов с использованием компьютерных технологий и геоинформационных систем; технология картографо-аэрокосмического исследования агролесоландшафтов на основе компьютерного спектротрического дешифрирования космоснимков; теоретическое обоснование, адаптированные, ресурсосберегающие технологии и технические средства точного, лесомелиоративного обустройства агролесоландшафтов Волгоградской области и на территории Южного Федерального округа.

Им проведено научное обоснование и выявлены закономерности изменения состояния ландшафтов экотона Малый Сырт – Прикаспийская низменность в Волгоградском Заволжье, а также проведена оценка опустынивания территории



Прикаспийской низменности, включая территорию Волгоградской и Астраханской области, Республики Калмыкия, Республики Дагестан и др.

Валерий Григорьевич ведет преподавательскую работу в Волгоградском государственном университете, под его руководством защищено более 30 выпускных квалификационных работ, руководит подготовкой научных кадров в аспирантуре. Член ученого и диссертационного советов центра.

Пользуется заслуженным авторитетом среди сотрудников института. За период работы показал себя знающим, квалифицированным специалистом. Проводит исследования, направленные на разработку методологии и методов дистанционного изучения состояния сельскохозяйственных угодий с использованием современных технических и диагностических средств, теоретическое обоснование процессов деградации и опустынивания, способов управления агролесоландшафтами.

Активно участвует в выполнении научных исследований, руководит подготовкой аспирантов, успешно защищено 2 диссертации на соискание степени кандидата наук, оказывает помощь молодым ученым, аспирантам и студентам в овладении методикой проведения дистанционного мониторинга агролесоландшафтов. Помогает в освоении геоинформационных технологий в других лабораториях ФНЦ агроэкологии РАН.

В свои 70 профессор, доктор сельскохозяйственных наук Валерий Григорьевич Юферев – всё тот же романтичный юноша, который в далекие шестидесятые гонял в футбол на школьном дворе военного городка под Могилевым. Пишет стихи, в которых воспеваает женщину, выезжает на дачу с любимой супругой, тремя внуками, сыновьями и невестками, где на лоне природы отдыхает от напряженной научной деятельности. Мы задали юбиляру несколько вопросов.

- Валерий Григорьевич, почему выбор пал на военное авиационно-техническое училище?

- Пошел по стопам отца – военного летчика. Я даже почти закончил школу парашютного спорта.

- Сколько прыжков Вы совершили?

- Ни одного. Я одновременно закончил 10 класс и парашютные курсы, началась практика, мы сели в самолет, поднялись, но тут обрушилась гроза. Нас посадили, а после этого я уже ехал в Калининград, поступать в военное училище.



- Как судьба забросила Вас с Волгоградскую область?

- После окончания в 1974 году Калининградского военного авиационно-технического училища получил звание «лейтенант» и был направлен в Волгоград – в Качинское высшее военное училище. Здесь познакомился со своей супругой, с которой мы уже 47 лет вместе.

- У вас большая семья?

- У меня два сына – Григорий и Михаил. Григорий в науку не пошел, а Михаил – кандидат наук, защитил диссертацию по агролесомелиоративному картографированию и моделированию.

У нас трое обожаемых внуков – Алексей, Станислав и Василиса.

- Как часто собираетесь вместе своей большой семьей, есть ли семейные традиции?

- Вместе отдыхаем на даче: бассейн, шашлыки, природа.....

- Мы знаем, что вы пишете стихи?

- Да, иногда приходит сверху ..., сажусь и пишу «с листа».

- А можете сейчас экспромтом?

- «Любите женщину как воздух...» – вот такое одностишие.

Уважаемый Валерий Григорьевич!
Сотрудники ФНЦ агроэкологии РАН и редакция журнала «Научно-агрономический журнал» сердечно поздравляют Вас с юбилейной датой Вашего рождения! Мы все желаем Вам здоровья, радости, счастья, семейного благополучия, поэтического вдохновения и, конечно же, творческих научных успехов, новых достижений и талантливых учеников! А Вы, пожалуйста, делитесь с нами Вашим оптимизмом и упорством в достижении нужных и добрых целей как в науке, так и в жизни.

Редакция научно-практического журнала «Научно-агрономический журнал»

благодарит уважаемых авторов за сотрудничество и выражает надежду на дальнейшую популяризацию результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского, лесного и мелиоративного хозяйства с освещением проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем к меняющимся климатическим условиям.

В журнале публикуются научные статьи, обзоры, требующие обязательного рецензирования и регистрации DOI. Для публикации статей в журнале приглашаются научные и научно-педагогические работники, докторанты, аспиранты, а также практические работники и руководители организаций сферы АПК.

К публикации принимаются статьи, отражающие наиболее значимые научные труды, нигде ранее не опубликованные, соответствующие тематике журнала, обладающие научной новизной и содержащие

материалы собственных научных исследований автора. Предоставляемые материалы должны быть актуальными, иметь новизну, научную и практическую значимость. Оригинальность текста – не менее 75% (проверка с помощью сервиса www.antiplagiat.ru), подтвержденные отчетом с указанного сервиса.

Статьи, представленные к публикации, направляются редколлегией журнала на обязательное рецензирование. Рецензирование осуществляется в строгом соответствии с порядком рецензирования и этическими принципами, опубликованными на официальном веб-сайте [https:// zhurnal.vfanc.ru/](https://zhurnal.vfanc.ru/)

Главный и ответственный редакторы принимают решение о возможности принятия рукописи к печати на основании рецензий и собственной оценки качества материала, авторских ответов на замечания и исправлений рукописи, при необходимости консультируясь с другими членами Редакционной коллегии.

Требования к оформлению статей

Редакционная коллегия оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие предъявляемым требованиям.

В начале статьи на русском языке указываются:

- номер по Универсальной десятичной классификации (УДК);
- название статьи;
- инициалы и фамилия автора(ов);
- название организации, в которой выполнялась работа, город;
- E-mail;
- аннотация – 180-250 слов;
- ключевые слова и словосочетания.

Далее в той же последовательности информация приводится на английском языке. Если статья подана на английском языке, то данные о статье, авторах, аннотация и ключевые слова приводятся сначала на языке оригинала, а затем обязательно на русском языке.

Научная статья должна обязательно включать:

- Введение (содержит актуальность, цель и задачи исследования, критический анализ достижений и публикаций);
- Материалы и методы исследования;
- Результаты исследования и их обсуждение;
- Заключение. Выводы;
- Список литературы на языке оригинала и References (английская транслитерация оригинального списка).
- Сведения об авторе (авторах) на русском и английском языках (для каждого автора): Ф.И.О. полностью, учёная степень, звание; ORCID, место работы; должность, город; E-mail.

В обзорной статье после Материалов и методов следует Основная часть, которая состоит из разделов.

Материал статьи должен быть изложен кратко, в научно-информационном стиле, без повторений данных таблиц и рисунков в тексте; на литературу, таблицы и рисунки следует давать ссылки в тексте.

Ссылки на литературу оформляются в виде номера, в соответствии с положением источника в библиографическом списке, номер ссылки заключается в квадратные скобки.

Статья представляется в редакцию журнала «Научно-агрономический журнал» по электронной

почте nwzhurnal@mail.ru, набранная в формате Word Windows, книжная ориентация. Материал для публикации набирается с установками: поля – 2 см, стиль обычный, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5, расстановка переносов автоматическая. Абзацный отступ одинаковый по тексту 1,25 см. Ограничения по количеству рисунков и таблиц – не более восьми.

Таблицы и диаграммы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи. Используемые в статьях физические, химические, технические, математические термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Размерность всех величин, принятых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ). Фотографии предоставляются в электронном виде в формате jpg или tif. Формулы записываются в стандартном редакторе формул MS Word.

Не допускается нумерация страниц, использование в тексте разрывов страниц, использование автоматических постраничных ссылок, использование разреженного или уплотненного межбуквенного интервала.

Объем научной статьи 6–15 страниц машинописного текста.

В список литературы добавляются только те источники, на которые есть ссылки в тексте статьи (для тезисов это правило не применяется). Допускается не более 20 % самоцитирования любых работ, опубликованных в других печатных источниках. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 в алфавитном порядке. В списке литературы ссылка на каждый источник приводится на том языке, на котором он опубликован.

В статье рекомендуется использовать не менее 10 литературных источников, раскрывающих проблему исследования, в обзорной статье – от 30 источников.

С уважением, редакционная коллегия