

Овощи России

Научно-практический журнал
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» 13168

ISSN 2072-9146 (Print)

ISSN 2618-7132 (Online)

1 2025

VEGETABLE
crops of RUSSIA
Scientific peer-reviewed journal



Учредитель и издатель журнала:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства»
(ФГБНУ ФНЦО)



ФГБНУ ФНЦО

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации Российская академия наук
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в XII международной научно-практической конференции:
«Современные тенденции в селекции, семеноводстве и товарном производстве овощных, бахчевых и цветочных культур. Традиции, современность, перспективы», посвященной 105-летию основания ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИССОК), которая состоится **8-12 сентября 2025 года**.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

1. Теория, систематика, генетика, иммунитет, методы создания и идентификации исходного материала для селекции овощных, бахчевых и цветочных культур.
2. Приоритетные направления селекции в условиях современного рынка для защищенного и открытого грунта.
3. Технология возделывания овощных, бахчевых, цветочных культур и грибов, особенности переработки и хранения.
4. Организационно-экономические аспекты селекции, семеноводства и технологии выращивания овощных, бахчевых и цветочных культур.

В рамках конференции будет проходить методическая комиссия по селекции и семеноводству капустных культур.

Рабочие языки конференции – русский и английский.

Желающим принять участие в работе конференции необходимо прислать анкету-заявку до **30.04.2025 г.** на электронную почту 100vniissok@mail.ru

Координаторы конференции:

Пинчук Елена Владимировна – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник ФГБНУ ФНЦО; 100vniissok@mail.ru тел. +7- 916-806-00-12

Романов Валерий Станиславович – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦО; тел. +7-926-375-52-47

Гуркина Любовь Кирилловна – кандидат с.-х. наук, ученый секретарь ФГБНУ ФНЦО; тел. +7(495)-594-77-07

Ответственный за прием и публикацию материалов:

Тареева Марина Михайловна – кандидат с.-х. наук, зав. издательством ФГБНУ ФНЦО; vegetables.of.russia@yandex.ru

Приглашаем коммерческие организации для демонстрации образцов продукции, ознакомления с новинками в области овощеводства, выступлений с рекламой и заключения коммерческих договоров.

Обновляемая информация о конференции размещается на сайте ФГБНУ ФНЦО <http://www.vniissok.ru>



Главный редактор

В.Ф. Пивоваров – академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии и премий Правительства РФ, научный руководитель Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Москва, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии – Н.А. Голубкина, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Московская область, Россия

Д. Карузо – зам. председателя, доктор с.-х. наук, Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Неаполь, Италия

А.Н. Игнатов – зам. председателя, доктор биол. наук, профессор Агробиотехнологического департамента РУДН, зам. ген. директора по научной работе Исследовательской лаборатории «ФитоИнженерия», Москва, Россия

Е.З. Кочиева – зам. председателя, доктор биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва, Россия

Агнешка Секара – профессор, Department of Horticulture, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture, Краков, Польша

Радхи Шьям Сингх – доцент, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan Bhatti Agriculture College, Agwanpur, Saharsa-852202, Bihar Agricultural University, Sabour, Bhagalpur, Bihar, Индия

Ж.П. Данаилов – доктор с.-х. наук, проф., Болгарская академия наук, Институт физиологии растений и генетики, София, Болгария

С.Р. Аллахвердиев – доктор биол. наук, проф., Bartin University, Turkey

М.Х. Арамов – доктор с.-х. наук, Сурхандарьинская научно-опытная станция НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля, Республика Узбекистан

Л.Ф. Волощук – доктор биол. наук, Институт генетики, физиологии и защиты растений АН Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

И.Г. Джафаров – доктор с.-х. наук, проф., член-корр. НАНА, директор, Научно-исследовательский институт защиты растений и технических культур МСХ Азербайджанской Республики

В.П. Прохоров – доктор биол. наук, проф., Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

В.В. Скорина – доктор с.-х. наук, проф., Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Могилевская обл., Республика Беларусь

А.В. Солдатенко – зам. главного редактора, доктор с.-х. наук, академик РАН, директор ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

О.Н. Пышная – зам. главного редактора, доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

С.М. Надежкин – зам. главного редактора, доктор биол. наук, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

С.В. Акимова – доктор с.-х. наук, доцент кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

К.Л. Алексеева – доктор с.-х. наук, проф., ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

И.Т. Балашова – доктор биол. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Л.Л. Бондарева – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

М.С. Гинс – доктор биол. наук, член-корр. РАН, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Л.В. Григорьева – доктор с.-х. наук, Мичуринский ГАУ, Мичуринск, Россия

А.С. Домблидес – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

Н.Н. Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, проф., ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия

С.В. Жаркова – доктор с.-х. наук, проф., ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, Барнаул, Россия

Е.В. Журавлева – доктор с.-х. наук, советник председателя совета директоров, ГК «ЭФКО», г. Москва, Россия

Е.А. Калашникова – доктор биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

И.М. Куликов – академик РАН, доктор экон. наук, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Москва, Россия

Ф.Б. Мусаев – доктор с.-х. наук, ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Россия

В.М. Пизенгольц – доктор экон. наук, проф., Аграрно-технологический институт РУДН, г. Москва, Россия

В.Г. Плющиков – доктор с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, Россия

В.В. Пыльнев – доктор с.-х. наук, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

А.К. Раджабов – доктор с.-х. наук, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Н.И. Сидельников – академик РАН, доктор с.-х. наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», Москва, Россия

С.М. Сирота – доктор с.-х. наук, зам. директора по селекции и семеноводству, ООО «Гетерозисная селекция», Челябинская область, Россия

В.И. Старцев – доктор с.-х. наук, проф., ФГБНУ «Всероссийский НИИ Фитопатологии», Московская область, Россия

И.Г. Ушаев – доктор экон. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ), Москва, Россия

П.А. Чекмарев – академик РАН, доктор с.-х. наук, заместитель президента РАН, Российская академия наук, Москва, Россия

Ю.В. Чесноков – доктор биол. наук, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия

Ответственный редактор: Тареева М.М. – кандидат с. х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Московская область, Россия

Библиограф: Разорёнова А.Г., ФГБНУ ФНЦО. **Дизайн и верстка: Янситов К.В.**, ФГБНУ ФНЦО. **Фото: Лебедев А.П.**, ФГБНУ ФНЦО.

© ФГБНУ ФНЦО, оформление макета, 2024

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)

Адрес учредителя и редакции: 143080, Россия, Московская область, Одинцовский район,

п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

E-mail: vegetables.of.russia@yandex.ru,

vegetables.of.russia@vniissok.ru

<http://www.vegetables.ru> Тел.: +7(495) 599-24-42

Тираж 100 экземпляров.

Периодичность: 6 раз в год.

Дата выхода в свет: 28.12.2024

Отпечатано в типографии:

Акционерное общество

«Соломбальская типография».

163012, г. Архангельск, ул. Добролюбова, д. 1.

Тел.: +7 (8182) 48-20-20, www.daprint.ru

Цена свободная.

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС 77-72184 от 15 января 2018 года. Издаётся с декабря 2008 года.

Научная концепция издания предполагает публикацию современных достижений, результатов научных национальных и международных исследований в области овощеводства и садоводства, селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений, физиологии и биохимии растений, защиты растений, экономики сельского хозяйства и смежных дисциплин:

биологии, биотехнологии, интродукции и др.

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License 

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал в 2016 году включен в базу данных AGRIS (Agricultural Research Information System) –

Международную информационную систему по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.

Журнал включен в базу данных компании EBSCO Publishing на платформе EBSCOhost.

Russian Science
Citation Index

OPEN
ACCESS

We are
Crossref
Member

AGRIS

EBSCOhost

Editor in chief

Victor F. Pivovarov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVC), Moscow region, Russia

EDITORIAL BOARD

Editorial Board Chairman: Nadezhda A. Golubkina, Dr. Sci. (Agriculture), chief scientific researcher of the laboratory analytical department, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVC), Moscow region, Russia

Gianluca Caruso – Deputy chairman, Dr. Sci. (Agriculture), Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Napoli, Italy

Alexander N. Ignatov – Deputy chairman, Dr. Sci. (Biology), Agrobiotechnological Department of RUDN University, Deputy Director, PhytoEngineering Research Laboratory, Moscow, Russia, Moscow, Russia

Elena Z. Kochieva – Deputy chairman, Dr. Sci. (Biology), Professor, Department of Biotechnology of Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; Head of the Group of molecular methods of analysis of the genome, Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Agnieszka Sękara – Assoc. Prof., Department of Horticulture, Faculty of Biotechnology and Horticulture, University of Agriculture, Krakow, Poland
Radhey Shyam Singh – Assistant Professor cum Junior Scientist, Department of Plant Breeding and Genetics Mandan Bharti Agriculture College, Agwanpur, Saharsa-852202, Bihar Agricultural University, Sabour, Bhagalpur, Bihar, India

Zhivko P. Danailov – Professor, Dr. Sci. (Agriculture), Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Plant Physiology and Genetics, Sofia, Bulgaria
Surhay R. Allahverdiev – Dr. Sci. (Biology), Professor, Bartin University, Turkey

Muzaffar H. Aramov – Dr. Sci. (Agriculture), Surkhandarya region, Republic of Uzbekistan

Leonid F. Volosciuk – Dr. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of phytopathology and biotechnology, Institute of Genetics, Physiology and Protection of Plants, Academy of Sciences of Moldova, Chişinău, Republic of Moldova

Ibrahim Hasan oglu Jafarov – Corresponding Member of ANAS, Professor, Dr. Sci. (Agriculture), Scientific Research Institute of Plant Protection and Technical Plants of the Ministry of Agriculture Republic of Azerbaijan

Valery N. Prokhorov – Dr. Sci. (Biology), chief scientific officer of the Laboratory of growth and development of plant, FSSI "V.F. Kuprevich Institute of experimental botany National academy of Science of Belarus", Minsk, Belarus

Vladimir V. Skorina – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Department of fruits-vegetables growing, "Belarusian State Academy of Agriculture", Mogilev, Belarus

Alexey V. Soldatenko – Deputy Chief Editor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), director of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" (FSBSI FSVC), Moscow region, Russia

Olga N. Pyshnaya – Deputy Chief Editor, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Deputy director in scientific work, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Sergei M. Nadezhkin – Deputy Chief Editor, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the laboratory analytical department, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Svetlana V. Akimova – Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Ksenia L. Alekseeva – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Laboratory biological methods of plant protection, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Irina T. Balashova – Dr. Sci. (Biology), chief scientific officer of the laboratory of new technologies FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Lyudmila L. Bondareva – Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of breeding and seed production of Cole crops, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Murat S. Gins – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of plant physiology and biochemistry, introduction and functional food, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Lyudmila V. Grigoryeva – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia
Arthur S. Dombldes – Dr. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Genetics and Cytology, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Nikolay N. Dubenok – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of agricultural melioration, forestry and land management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Stalina V. Zharkova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education The Altai State Agricultural University (ASAU), Barnaul, Russia

Ekaterina V. Zhuravleva – Dr. Sci. (Agriculture), Advisor to the Chairman of the Board of Directors, EFKO Group of Companies, Moscow, Russia

Elena A. Kalashnikova – Dr. Sci. (Biology), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Ivan M. Kulikov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Economy), Professor, director of FSBSI Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Farhad B. Musaev – Dr. Sci. (Agriculture), leading researcher of the laboratory analytical department, FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center", Moscow region, Russia

Vadim G. Plushikov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, RUDN University, Moscow, Russia

Vladimir V. Pylnev – Dr. Sci. (Agriculture), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Agamagomed K. Radzhabov – Dr. Sci. (Agriculture), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Nikolay I. Sidelnikov – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Economy), Professor, director of FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants», Moscow, Russia

Sergey M. Sirota – Dr. Sci. (Agriculture), Deputy Director for Breeding and Seed Production, LLC Heterosis Selection, Chelyabinsk region, Russia

Viktor I. Startsev – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, FSBSI All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

Ivan G. Ushachev – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Economy), Honored Scientist of Russian Federation, scientific director, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Scientific Institution of Economy of Agriculture", Moscow, Russia

Petr A. Chekmarev – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), Deputy President of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Yuri V. Chesnokov – Dr. Sci. (Biology), director, FSBSI "Agrophysical Research Institute", St.-Petersburg, Russia

Responsible Scientific Editor: Marina M. Tareeva – Cand. Sci. (Agriculture),

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center", (FSBSI FSVC), Moscow, Russia

Bibliographer: Anna G. Razorenova (FSBSI FSVC). **Designer: Konstantin V. Yansitov** (FSBSI FSVC).

Photographing: Alexey P. Lebedev (FSBSI FSVC)

©FSBSI FSVC, Layout Design, 2024

Address of the journal publisher and office: Selektionsnaya St., 14, VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

E-mail: vegetables.of.russia@yandex.ru <http://www.vegetables.ru> tel.: +7 (495) 599-24-42

Publication Frequency: 6 issue per year. Free price. 100 copies. Published: 28.12.2024

This issue is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor).

The license ПИ №ФЦ77-72184 of the January, 15, 2018.

Published since 2008. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License



Russian Science
Citation Index



The scientific concept of the journal involves the publication of modern achievements, the results of scientific national and international research in the field of vegetable growing and horticulture, breeding and seed growing of agricultural crops, physiology and biochemistry of plants, plant protection, agricultural economics and related disciplines: biology, biotechnology, introduction, etc.

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

**Бабак О.Г., Дрозд Е.В., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В.,
Яцевич К.К., Шестерень П.В., Баева И.Е., Невестенко Н.А.,
Пугачева И.Г., Добродькин М.М., Кильчевский А.В.**

Использование молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды при создании селекционного материала томата и перца в Беларуси..... **5**

Травина С.Н.

Мировая дублетная коллекция картофеля ВИР – ценный источник генетических ресурсов для селекции. **14**

Синиченко Н.А., Козарь Е.Г.,

Пышная О.Н., Ванюшкина И.А.

Основные достижения и современные направления селекции томата на Приморской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО..... **19**

Каракаджиев А.С., Кигашпаева О.П., Гулин А.В.

Изучение наследования ценных хозяйственных признаков у гибридов F₁ перца сладкого в условиях Астраханской области. **29**

Коцюбинская О.А., Бондаренко Е.В.,

Казыдуб Н.Г., Блинова Я.А.

Влияние гамма-облучения семян на развитие растений *Phaseolus vulgaris* L. **37**

Жаркова С.В., Филиппова А.С.

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) в Алтайском крае. **45**

САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Рабданова З.К., Магомедова Д.С., Курбанов С.А.

Научное обоснование агротехнических приемов возделывания лука репчатого на песчаных почвах. **52**

Хасан Д.К.

Проблемы производства и маркетинга томата (*Solanum lycopersicum* L.) в Эфиопии. Обзор. **58**

Вьютнова О.М., Смирнова И.В.,

Новикова И.А., Максимова К.С.

Система минерального питания для культуры цикория корневого. **62**

Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Романенко Т.М.,

Филиппова А.Б., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В.

Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом. **70**

Биру К.Х., Черу У.

Управление и экологические преимущества использования многоцелевых агролесомелиоративных пород деревьев в Эфиопии. Обзор. **82**

Соколова Е.В., Кроть Т.А., Балеев Д.Н.

Водный экстракт листьев *Astilbe chinensis* как потенциальное средство для замедления активности пищеварительных ферментов. **88**

Солдатенко А.В., Аварский Н.Д.

Технологическая оснащенность производства овощных культур. **92**

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Ким И.В., Волков Д.И., Клыков А.Г.

Исследование морфологических структур крахмальных гранул в клетке картофеля (*Solanum tuberosum* L.) методом лазерной сканирующей конфокальной микроскопии. **102**

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

Маградзе Е.И.

Влияние способа получения нового удобрения, содержащего *Streptomyces coelicolor*, выращенных на молочной сыворотке, на его эффективность. **108**

BREEDING, SEED PRODUCTION AND PLANT BIOTECHNOLOGY

**Babak O.G., Drozd E.V., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V.,
Yatsevich K.K., Shesteren P.V., Bayeva I.E., Nevestenko N.A.,
Puhachova I.G., Dobrodzkin M.M., Kilchevsky A.V.**

Use of molecular markers associated with resistance
to biotic and abiotic environmental factors in developing
breeding material for tomato and pepper in Belarus. 5

Travina S.N.

VIR potato doublet collection,
its significance for breeding. 14

Sinichenko N.A., Kozar E.G.,

Pishnaya O.N., Vanyushkina I.A.

Achievements and current trends in tomato breeding at the
Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable Center. 19

Karakadzhiev A.S., Kigashpaeva O.P., Gulin A.V.

Studying the inheritance of valuable economic
traits in F₁ sweet pepper hybrids in the Astrakhan region. 29

Kotsyubinskaya O.A., Bondarenko E.V.,

Kazydub N.G., Blinova Ya.A.

Effect of gamma irradiation of seeds on the development of *Phaseolus vulgaris* L. plants. 37

Zharkova S.V., Filippova A.S.

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Altai region. 45

HORTICULTURE, VEGETABLE PRODUCTION, VITICULTURE AND MEDICINAL CROPS

Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A.

Scientific substantiation of agrotechnical
methods of cultivation of onions on sandy soils. 52

Hasan J.K.

Production and marketing challenges
of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Ethiopia. Review. 58

Vyutnova O.M., Smirnova I.V.,

Novikova I.A., Maksimova K.S.

Mineral nutrition system for chicory root culture. 62

Kaigorodova I.M., Kozar E.G., Ushakov V.A., Romanenko T.M.,

Filippova A.B., Anisimov M.S., Galkina E.A., Kuzmina I.V.

Testing of the new technology «TOR» on vegetable legumes
crops varieties by the FSBSI FSVC breeding the Arctic Circle. 70

Biru K.H., Cheru U.

Management and Ecological Services
of Multipurpose Agroforestry Tree Species in Ethiopia. Review. 82

Sokolova E.V., Krol T.N., Baleev D.N.

Aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves as
a potential medicine to slow activity of digestive enzymes. 88

Soldatenko A.V., Avarskii N.D.

Technical and technological equipment of vegetable crops production in Russia. 92

AGRICULTURE AND PLANT PRODUCTION

Kim I.V., Volkov D.I., Klykov A.G.

Studying the morphological structures of starch granules in potato cells (*Solanum tuberosum* L.)
by the method of confocal laser scanning microscopy. 102

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

Magradze E.I.

The effect of the method of production a new fertilizer containing
Streptomyces coelicolor grown on whey on its effectiveness. 108

Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-5-13
 УДК: (635.64+635.649):631.52.85(476)

О.Г. Бабак¹, Е.В. Дрозд¹, Н.А. Некрашевич¹,
 Н.В. Анисимова¹, К.К. Яцевич¹,
 П.В. Шестерень¹, И.Е. Баева²,
 Н.А. Невестенко², И.Г. Пугачева²,
 М.М. Добродзькин², А.В. Кильчевский¹

¹ Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии

Национальной академии наук Беларуси»
 Республика Беларусь, 220072,
 г. Минск, ул. Академическая, 27

² Учреждение образования
 «Белорусская государственная орденов Октябрьской
 Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
 Республика Беларусь, 213410,
 Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки:

O.Babak@igc.by, babak_olga@mail.ru

Благодарности. Данные исследования выполнялись при поддержке задания в «Генетически идентифицировать коллекционные образцы сельскохозяйственных культур для формирования нового генофонда доноров хозяйственно ценных признаков в целях использования в селекции» государственной программы «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» и проекта Б23КУБ-009 «Изучение генетического полиморфизма генов устойчивости к болезням у форм томата кубинской и белорусской селекции для повышения эффективности селекционных программ» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Вклад авторов: Кильчевский А.В.: научное руководство исследованием, ресурсы; Бабак О.Г.: проведение исследования, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и ее редактирование; Анисимова Н.В.: проведение молекулярных и полевых исследований, создание рукописи; Некрашевич Н.А.: проведение молекулярных и полевых исследований; Яцевич К.К.: проведение молекулярных исследований; Дрозд Е.В.: проведение молекулярных и полевых исследований, создание рукописи; Шестерень П.В.: проведение молекулярных исследований; Добродзькин М.М.: проведение полевых исследований, ресурсы; Пугачева И.Г.: проведение полевых и молекулярных исследований, верификация данных; Баева И.Е.: проведение полевых и молекулярных исследований; Невестенко Н.А.: проведение полевых исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бабак О.Г., Дрозд Е.В., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Яцевич К.К., Шестерень П.В., Баева И.Е., Невестенко Н.А., Пугачева И.Г., Добродзькин М.М., Кильчевский А.В. Использование молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, при создании селекционного материала томата и перца в Беларуси. *Овощи России*. 2025;(1):5-13. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-5-13>

Поступила в редакцию: 29.09.2024

Принята к печати: 25.10.2024

Опубликована: 28.12.2024

Olga G. Babak¹, Elizaveta V. Drozd¹,
 Natalya A. Nekrashevich¹, Natalya V. Anisimova¹,
 Kanstantsiya K. Yatsевич¹, Pavel V. Shesteren¹,
 Iryna E. Bayeva², Natalya A. Nevestenko²,
 Iryna G. Puhachova², Mikhail M. Dobrodzkin²,
 Alexander V. Kilchevsky¹

¹ State Scientific Institution "Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus" 27, Akademicheskaya St., Minsk, 220072, Republic of Belarus

² Educational Institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and the Order of the Labour Red Banner Agricultural Academy" 5, Michurin St., Gorki, Mogilev Region, 213410, Republic of Belarus

*Correspondence Author:

O.Babak@igc.by, babak_olga@mail.ru

Funding. The study was supported as part of Project 8 "Genetically identify the collection samples of agricultural crops to form a new gene pool of donors of economically valuable traits for use in breeding" of the State program "Scientific and innovative activities of the National Academy of Sciences of Belarus" and grant No. B23CUB-009 "Study of genetic polymorphism of disease resistance genes in the tomato forms of Cuban and Belarusian origin to improve the efficiency of breeding programs" of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research.

Authors' Contribution: Kilchevsky A.V.: scientific supervision of the study, resources; Babak O.G.: study implementation, conceptualization, methodology, data verification and administration, manuscript preparation and editing; Anisimova N.V.: molecular and field studies, manuscript preparation; Nekrashevich N.A.: molecular and field studies; Yatsевич K.K.: molecular studies; Drozd E.V.: molecular and field studies, manuscript preparation; Shesteren P.V.: molecular studies; Dobrodzkin M.M.: field studies, resources; Puhachova I.G.: field and molecular studies, data verification; Bayeva I.E.: field and molecular studies; Nevestenko N.A.: field studies.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Babak O.G., Drozd E.V., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Yatsевич K.K., Shesteren P.V., Bayeva I.E., Nevestenko N.A., Puhachova I.G., Dobrodzkin M.M., Kilchevsky A.V. Use of molecular markers associated with resistance to biotic and abiotic environmental factors in developing breeding material for tomato and pepper in Belarus. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):5-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-5-13>

Received: 29.09.2024

Accepted for publication: 25.10.2024

Published: 28.12.2024

Использование молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, при создании селекционного материала томата и перца в Беларуси

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Разработка системы молекулярных маркеров, позволяющих выявлять генетические детерминанты устойчивости к возбудителям болезней, а также типировать аллели, участвующие в регуляции накопления антоцианов, является важнейшим условием повышения эффективности селекционного процесса, направленного на повышение устойчивости возделываемых культур к биотическим и абиотическим стрессам.

Материал и методика. В работе использовались молекулярно-генетические методы выделения ДНК, ПЦР-анализ, рестрикция, оценка продуктов амплификации и рестрикции в агарозном или полиакриламидном геле. В качестве материала использовались широкие коллекции *Solanum lycopersicum* и *Capsicum annuum*, а также образцы близкородственных диких видов.

Результаты. В работе дана оценка эффективности представленных в литературе 25 молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к болезням томата и перца, вызываемым грибными, бактериальными, вирусными патогенами, а также нематодой. Представлены маркеры к аллелям генов MYB-транскрипционных факторов, связанных с регуляцией накопления антоцианов у томата (*SIMyb12*, *Anthocyanin1*, *Anthocyanin2*, *An-2-like*, *Atrviolacium*) и перца (*Myb113-like1*, *Myb113-like2*, *ETC3-2*), которые рекомендуется использовать для сопровождения селекционного процесса, направленного на повышение устойчивости к стрессовым биотическим и абиотическим факторам среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

S. lycopersicum, *C. annuum*, ДНК-маркеры, устойчивость к болезням, гены, регулирующие биосинтез антоцианов

Use of molecular markers associated with resistance to biotic and abiotic environmental factors in developing breeding material for tomato and pepper in Belarus

ABSTRACT

Relevance. The development of a system of molecular markers that allows identifying the genetic determinants of resistance to pathogens, as well as the typing of alleles involved in the regulation of anthocyanin accumulation, is the most important condition for increasing the efficiency of the breeding process aimed at enhancing the resistance of cultivated crops to biotic and abiotic stresses.

Methodology. The work involved molecular genetic methods of DNA isolation, PCR analysis, restriction, and evaluation of amplification and restriction products in agarose or polyacrylamide gels. The material used included the diverse collections of *Solanum lycopersicum* and *Capsicum annuum*, as well as the specimens of closely related wild species.

Results. The paper evaluates the effectiveness of 25 molecular markers presented in the literature associated with resistance to tomato and pepper diseases caused by fungal, bacterial, viral pathogens, as well as nematodes. Markers to the alleles of MYB transcription factor genes associated with the regulation of anthocyanin accumulation in tomato (*SIMyb12*, *Anthocyanin1*, *Anthocyanin2*, *An-2-like* and *Atrviolacium*) and pepper (*Myb113-like1*, *Myb113-like2* and *ETC3-2*), recommended for the breeding process aimed at increasing resistance to stressful biotic and abiotic environmental factors, are presented.

KEYWORDS:

S. lycopersicum, *C. annuum*, DNA-markers, disease resistance, genes regulating anthocyanin biosynthesis

Введение

Устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов – необходимое условие успешного возделывания культурных растений. Способность растительного организма к эффективной защите от негативных воздействий среды является важнейшим резервом повышения урожайности, поскольку обеспечивает возможность максимальной реализации потенциала продуктивности. В этой связи повышение устойчивости сельскохозяйственных растений к неблагоприятным факторам среды биотической и абиотической природы неизменно остается важной и актуальной задачей генетико-селекционных исследований [1].

Серьезный экономический ущерб возделыванию овощных культур наносят патогены, которые вызывают многочисленные болезни растений. Применение химических методов борьбы с инфекциями не всегда дает желаемые результаты и снижает качество продукции, нанося вред окружающей среде и здоровью человека. Перспективным способом защиты растений является создание и выращивание устойчивых форм, которые невосприимчивы к воздействию патогенов. Поиск генетических детерминант устойчивости и ДНК-маркеров к ним позволяет с применением инструментов маркер-ассоциированной селекции (МАС) создавать генотипы, способные противостоять разнообразным негативным воздействиям. В литературе опубликованы сведения о идентификации генов, связанных с сопротивляемостью биотическим стрессам у томата и перца, и о разработанных к ним молекулярных маркерах. Выявлены гены, контролирующие устойчивость к ряду экономически значимых заболеваний, вызываемых возбудителями грибной, бактериальной, вирусной природы и нематодой [2-12].

В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси проводится работа с ДНК-маркерами генов устойчивости к болезням и вредителям пасленовых, которая направлена на апробацию, адаптацию, верификацию представленных в литературе маркеров. С применением методов ДНК-маркирования ведется скрининг коллекционного и селекционного материала для выявления источников целевых аллелей и создания новых устойчивых генотипов [13-15].

Не менее важна для сельскохозяйственных культур, особенно выращиваемых в зонах рискованного земледелия, устойчивость к негативным абиотическим факторам. К генетическим детерминантам, ассоциированным с неспецифической устойчивостью к стрессам, относят гены, связанные с регуляцией синтеза антоциановых пигментов. Имеются сведения, что растительные организмы с повышенным содержанием флавоноидов в тканях более устойчивы к неблагоприятным воздействиям среды [16-18].

В литературе и генетических базах данных представлены сведения по идентификации генов, кодирующих Myb транскрипционные факторы (ТФ), участвующие в регуляции биосинтеза антоцианов у томата: *Anthocyanin1*, доминантный аллель которого *Ant1* из *S. chilense* увеличивает количество флавоноидов в плодах, *An2* и *An2-like*, которые тесно сцеплены с *Ant1*. [16, 19]. Ген *Atroviolacea (ATV)*, рецессивный аллель которого (*atv*) из *S. cheesmaniae* связан с

активным накоплением антоциана как в плодах (наряду с *Ant1*, *An2*), так и в вегетативных органах [20]. Для идентификации указанных генов предложены ДНК-маркеры, позволяющие дифференцировать аллели *Ant1/ant1*, *Atv/atv*. [19-20].

В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси разработаны новый SCAR *Ant1.1 (FAM)* маркер для выявления аллелей *Ant1* и *ant1*, SCAR маркеры *An2-AFT(OM)* и *An2-4F/R* для генотипирования аллелей гена *An2*: *An2-Aft*, *An2-Ins57* и *Myb75*, SCAR маркер *Atv2* для дифференциации аллелей гена *Atv (Atv/atv)*. Выполнены исследования по изучению накопления антоцианов в различных частях растений томата в зависимости от комбинации аллелей [21].

У *Capsicum annuum* выявлены наиболее схожие по нуклеотидному составу и функциям с геном *Ant1 S. lycopersicum* последовательности генов *Myb113-like 1* и *Myb113-like 2*, установлены генетические полиморфизмы этих генов, приводящие к изменению структуры кодируемого белка и нарушению процесса биосинтеза антоцианов в плодах и вегетативных органах, разработаны молекулярные маркеры для типирования выявленных аллелей (*Myb113-like1-delT*, *Myb113-like1-promIns148*, *Myb113-like1-promIns2*, *Myb113-like2-(C/A)*) [22-23].

В данной работе дана характеристика используемых молекулярных маркеров, представлены результаты ДНК-типирования с их применением на коллекциях образцов томата и перца для использования в генетических исследованиях, а также для сопровождения селекционного процесса, направленного на повышение устойчивости к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам.

Материалы и методы

Материалом для исследований на различных этапах были формы томата и перца для защищенного и открытого грунта коллекций Института генетики и цитологии НАН Беларуси, Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, а также коллекции, используемые при выполнении совместных проектов с Федеральным научным центром овощеводства, Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Научно-исследовательским институтом плодовоовощеводства., Научно-исследовательского института плодовоовощеводства им. Л. Димитровой (Республика Куба). В работе использовались молекулярно-генетические методы выделения ДНК, ПЦР-анализ, рестрикция, оценка продуктов амплификации и рестрикции в агарозном или полиакриламидном гелях [13].

Результаты и обсуждение

На основании литературных данных проведены исследования по апробации, адаптации и верификации имеющихся маркеров, связанных с устойчивостью к болезням и вредителям у томата и перца. В таблицах 1 и 2 представлены данные о используемых маркерах по литературным источникам и выполненной верификации. При апробации указанных в таблице 1 маркеров устойчивости к болезням томата были использованы коллекционные образцы, а также близкородственные дикие виды.

Таблица 1. Наименование и характеристика маркеров, используемых для ДНК-типирования образцов *S. lycopersicum*
 Table 1. Name and characteristics of markers used for the DNA typing of *S. lycopersicum* samples

Ген	Тип и название маркера	Праймеры для ПЦР	Т отжига, °С	Размер ПЦР продукта, п.н.	Литературный источник
Mi-1	SCAR, Mi-1.2	Mi23F: TGGAAAAATGTTGAATTTCTTTTG Mi23R: GCATACTATATGGCTTGTACCC	55	R - 380; S - 430	Seah S. et al., 2007
Mi-9	SCAR, C8B-Mi9	F: ACCCACGCCCATCAATG R: TGCAAGAGGGTGAATATTGAGTGC	59	R - 400; S - 360	El-Sappah A. H., 2019
Ve	CAPS, Ve (<i>Xba</i> I)	F: CGAAGTTGAC TACATTGACC CTG R: CAGTCTTGAAAGGTTGCTCAGCC	59	R - 410, 332; S - 410, 310, 22	Je Min Lee et al., 2015
I-2	SCAR, I-2	I-2/5F: CAAGGAAGTGCCTGTCTGTG I-2/5R: ATGAGCAATTTGTGGCCAGT	55	R (I-2) - 633; R (I-2C) - 566; S - 693, 760	Davis R.M. et al., 2010
I-3	SCAR, P7-43D	F: GGTAAGAGATGCGATGATTATGTGGAG R: GTCTTTACCACAGGAACCTTATCACC	60	R - 875; S - 650	Je Min Lee. et al., 2015
I-7	CAPS, I-7 (<i>Age</i> I)	F: AAGAAGTTCCTTCTCCCTTA R: GGAATAACCAAGGGGGTGT	56	R - 608, 200; S - 808	Je Min Lee. et al., 2015
Cf2, Cf5	SCAR, 2-5Cf	F: GCTATCTTTGGGTATCAACTT R: AGATGACATCGACAAAATGTG	58	R (Cf-2) - 1600; R (Cf-5) - 1163, 880; S - нет продукта	Kanwar J.S. et al., 1980
Cf5	SCAR, CF5	F: GTAATATCAGTGACCTTCACA R: ATTTCCAAACTGAAAAG	55	R - 1600; S - нет продукта	Dixon M.S. et al., 1998
Cf4	SCAR, Cf4/4A	F: TTACGACAGAAGAACTCTTTCTTGG R: AGTCCGCTTACGTTGGATGG	55	R (Cf-4) - 816; R (Cf-4A) - 965; S - нет продукта	Parniske M. et al., 1997 Takken F.L. et al., 1998
Cf9	SCAR, Cf9/9DC	CS5: TTTCCAACTTACAATCCCTTC DS1: GAGAGCTCAACCTTTACGAA CS1: GCCGTTCAAGTTGGGTGT	55	R (Cf-9) - 378; R (9DC) - 507; S - нет продукта	Van der Hoorn R.A. et al., 2001
Ph-2	CAPS, dTG63 (<i>Hinf</i> I)	F: CТАCTCTTTCTATGCAATTTGAATTG R: AATAATTTTCAACCATAGAATGATT	55	R - 246; S - 220	Panthee D.R. et al., 2012
Ph-3	SCAR, NC-LB-9-6678	F: CCTTAATGCAATAGGCAAT R: ATTTGAATGTTCTGGATTGG	52	R - 600; S - 900	Panthee D.R. et al., 2012
Pto	CAPS, Pto_RsaI	F: ATCTACCCACAATGAGCATGAGCTC R: GTGCATACTCCAGTTTCCAC	56	R - 552; S - 113, 439	Je Min Lee. et al., 2015 Yang W. et al., 2005
Rx4	SCAR, pcc12 InDel	F: TCCACATCAAATGCGTTTCT R: TTCCAATCCTTTCCATTTCCG	60	R - 113; S - 119	Yang W. et al., 2005
Tm1	SCAR, Tm1:8por	F: CCACTGTATGATTTCTGCTAGTGAA R1: AGCTTTAAACAAATATAAGAATAAAGAC R2: GCAAGCTAAGGTTTACATATATGCC	56	R - 131; S - 212	Je Min Lee. et al., 2015
Tm-2	CAPS, Tm2RS-f3/r3_HpaI	F: TGGAGGGGAATATTTGTGGA R: ACTTCAGACAACCCATTCCG	61	R (Tm2) - 458, 245; S - 703	Shi A. et al., 2011
Tm-2 ²	CAPS, Tm2RS-f3/r3_BsiHKAI	F: TGGAGGGGAATATTTGTGGA R: ACTTCAGACAACCCATTCCG	61	R (Tm2 ²) - 358, 353; R (Tm2) - 703	Shi A. et al., 2011
Sw-5	SCAR, Sw5-2	F: CGGAACCTGTAAGTCTGACTG R: GAGCTCTCATCCATTTCCG	60	R (Sw-5b) - 541; S - нет продукта	Shi A. et al., 2011
Ty2	SCAR, Ty-2	F: TGGCTCATCCTGAAGCTGATAGCGC R: AGTGTACATCCTTGCCATTGACT	50	R - 900; S - 790	Je Min Lee. et al., 2015
Ty3	SCAR, Ty-3	F: GGTAGTGAAAATGATGCTGCTC R: GCTCTGCCTATTGTCCCATATATAACC	50	R (Ty-3) - 450; R (Ty-3a) - 630; S - 320	Je Min Lee. et al., 2015

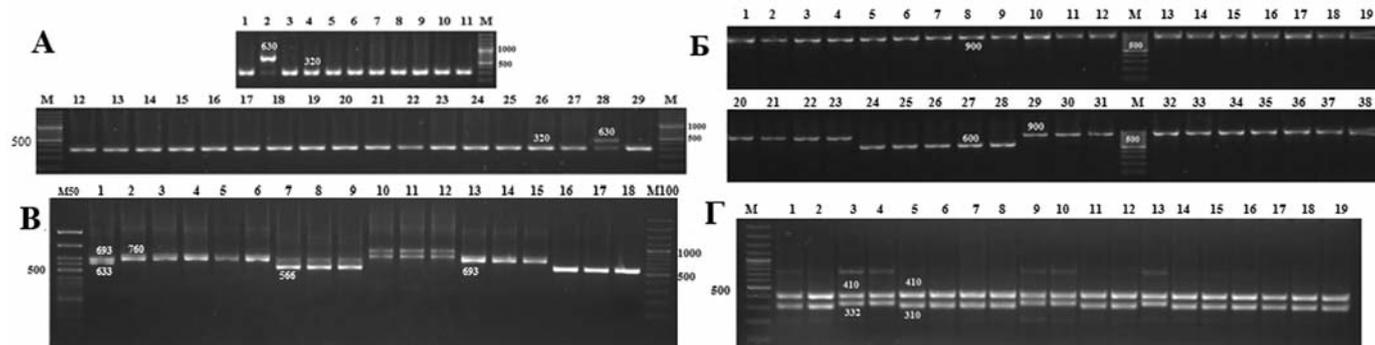


Рис. 1. ДНК-типирование аллелей устойчивости к болезням у форм томата: гена *Ty-3* (А), гена *Ph-3* (Б) гена *I-2* (В), гена *Ve* (Г)
Fig. 1. DNA typing of disease resistance alleles in tomato varieties: *Ty-3* gene (A), *Ph-3* gene (B), *I-2* gene (C), *Ve* gene (D)

По большинству апробированных маркеров были подтверждены размеры ожидаемых фрагментов, подобраны оптимальные температуры отжига, выполнена адаптация под используемые наборы реагентов. На рис. 1 показаны результаты электрофоретической разгонки продуктов ПЦР при оценке материала по аллелям устойчивости к вирусу желтой курчавости листьев (А), фитофторе (Б), фузариозу (В) и вертициллезу (Г).

Анализ коллекций томата на устойчивость к мелойдогенозу, позволил выявить образцы с аллелями устойчивости гена *Mi-1* у различных форм для защищенного и открытого грунта. При этом устойчивые образцы с R-аллелем гена *Mi-9* чаще были характерны для детерминантных форм, используемых для возделывания в открытом грунте.

Фитофтороз (*late blight*), вызываемый грибами класса *Oomycetes* рода *Phytophthora*, является наиболее опасной болезнью для томата в условиях Беларуси. В связи с этим выполнен анализ широких коллекций томата на наличие источников устойчивости по генам *Ph-2* и *Ph-3*, дана оценка эффективности представленных в литературе маркеров [15], рис. 1 Б.

Устойчивость к фузариозному увяданию томата, вызываемому *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, оценивалась с помощью маркеров *I-2*, *P7-43D*, *I-7_Agel* (табл.1), связанных с резистентностью к определенным расам возбудителя. Анализ образцов белорусской и российской селекции с помощью маркера *I-2* в наших исследованиях позволил идентифицировать два R-аллеля *I-2* (633 п.н.) и *I-2C* (566 п.н.), причем аллель *I-2C*, как правило, был характерен для индетерминантных форм томата черри.

Исследования образцов кубинской коллекции выявили наличие отличного, не описанного авторами фрагмента около 900 п.н. (рис. 1 В, номера образцов 10-12, Lyto).

Бурая пятнистость листьев томата, или кладоспориоз, вызываемая грибом *Cladosporium fulvum* Ске., является одним из наиболее вредоносных заболеваний томата защищенного грунта. Устойчивость к кладоспориозу является неременным требованием при создании современных сортов и гибридов. В наших исследованиях широко использованы доминантные маркеры к генам *Cf2*, *Cf4*, *Cf5*, *Cf9*. Кроме того, нами апробирован кодоминантный маркер *Cf8/CR12* [3] к аллелям гена *Cf-9*. При сопоставлении результатов, полученных с помощью доминантных маркеров и кодоминантного, выявилось несоответствие размеров ПЦР продуктов, заявляемых авторами по кодоминантному маркеру. Согласно авторам, размеры фрагментов у устойчивых / восприимчивых образцов составляют 1500/1600 п.н. [3], согласно нашим полученным данным – 1675/1909 п.н. соответственно. На рис. 2 представлены результаты ДНК-типирования форм томата с применением SCAR маркеров *Cf9/9DC* (А) и *Cf8/CR12* (Б). Использование широких коллекций форм позволило показать, что по большинству образцов результаты типирования обоими маркерами совпадают, однако ряд образцов показали различные результаты. Так у образца кубинской коллекции №24 (L33/1) наряду с фрагментом, характеризующим наличие восприимчивого аллеля, маркер *Cf8/CR12* позволил выявить фрагмент размером 1500 п.н., нехарактерный для других образцов.

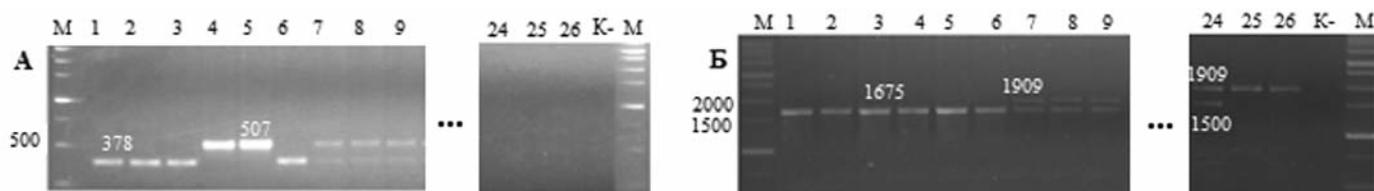


Рис. 2. ДНК-типирование аллелей гена *CF9* у форм томата белорусской и кубинской селекции маркерами *Cf9/9DC* (А) и *Cf8/CR12* (Б)
Fig. 2. DNA typing of *CF9* gene alleles in the tomato varieties of Belarusian and Cuban selection using markers *Cf9/9DC* (A) and *Cf8/CR12* (B)

Таблица 2. Наименование и характеристика маркеров, используемых для ДНК-типирования образцов рода *Capsicum*
 Table 2. Name and characteristics of markers used for the DNA typing of *Capsicum* genus specimens

Ген	Тип и название маркера	Праймеры для ПЦР	Т отжига, °С	Размер ПЦР продукта, п.н.	Литературный источник
<i>Me1</i>	CAPS, C2At2g06530-F/R_ HpyCH4IV	F: TTGGTGCTGTAAGGGACTAAA R: TCTTAATCAATCATTACACAGCA	55	R - 119; S - 55, 59	Uncu A.T. et al., 2015
Phyto.9 QTL	CAPS, F/R_Mval	F: CCAACCCTATTGAACGTCTT R: CTGATTCTTGATGCCTCTTG	55	R - 700, 150; S - 850	Kim H. et al., 2008
Phyto.5.2 QTL	SCAR, OpD04.717-F/R	F: CCATAAGGGTTGGTAAATTTACAAG R: TCGAGAGATAATTCAGATAGTATAATC	55	R - 717; S - нет продукта	Quirin E.A. et al., 2005
Xp.5, QTL	STS, InDel_F/R	F: GGTATCTTATTTTCATAGGACCAGGCA R: TTTGCGGTAGTGACAACAACCTTTACAGCCA	55	R - 100; S - 90	ChunYing S. et al., 2015
<i>pvr1</i>	CAPS, PVRL-F/R_BseNI	F: TGAGGCAGATGATGAAGTTGA R: CAACCATAAATATACCCCGAG	60	R - 710; S - 580, 130	Paran I. et al., 2009
<i>Cvr1</i>	CAPS, CVMV3-F/R_EcoRI	F: GAACCTCAATCATCTTAGCA R: ACATCAAATTGTTGCATTATAC	55	R - 311, 466; S - 762	Lee H.R. et al., 2013
<i>Cmr1</i>	CAPS, CaTm-int1-F/R_HinfI	F: TCAGCAAAGAAAGATTTCACGAAC R: ACGTACACTTGATGATGCCTTGT	58	R - 336, 160; S - 496	Kang W. Et al., 2010
<i>Tsw</i>	CAPS, SCAC568-F/R_XbaI	F: GTGCCAGAGGAGGATTTAT R: GCGAGGTGGACACTGATACT	55	R - 300, 268; S - 568	Özkaynak E. et al., 2014
<i>Bs3</i>	PR-Bs3-F/R	F: GCACACCCTGGTTAAACAATGAACACG R: GATGATAACTTGAAGTTGTGAGGATGG	58	R - 97; S - 110	Römer P. et al., 2010

В таблице 2 представлены данные по 9 маркерам, которые были успешно апробированы, а также по которым найдены источники устойчивости среди образцов изучаемых коллекций: к корневым нематодам (*Meloidogyne spp.*: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*) – *Me1*; к корневым и плодовым гнилям, вызываемым *Phytophthora capsici* – Phyto.9, Phyto.5.2, QTLs; к антракнозу, вызываемому *Colletotrichum acutatum* – хромосома 5, QTL; к Y вирусу картофеля – *pvr1*; к вирусу огуречной мозаики – *Cmr1*; к вирусу пятнистого увядания TSWV – *Tsw*; к вирусу крапчатости сосудов чили – *Cvr1*; к бактериальной пятнистости – *Bs3*.

По результатам оценки материала выявлены образцы с маркерами устойчивости к корневым нематодам (к мелойдогинозу): *C. annuum* Л-97, Златозар, Шоколадная красавица, Л-160-10, Фиолетовый красавец и др., к фитофторе плодов: *C. annuum* Златозар, *C. chinense* Хабанеро, *C. baccatum*

Маленький принц; к корневым гнилям, вызываемым *Phytophthora capsici* – *C. annuum* МТПЕ053, МТПЕ137, МТПЕ154, МТПЕ204, МТПЕ209, *C. chinense* Огненная дева, Хабанеро; к антракнозу: *C. chinense* Огненная дева, Хабанеро; к Y вирусу картофеля: *C. annuum* ZongKao, F₂ Премьер, F₂ Валентина, F₂ Корнелия, к вирусу огуречной мозаики: *C. chinense* Огненная дева; к вирусу пятнистого увядания TSWV: *C. chinense* Хабанеро; к вирусу крапчатости сосудов чили: *C. annuum* Златозар, ZongKao, Требия F₂, Джемини F₂, МТПЕ 006, МТПЕ 196, *C. baccatum* Маленький принц, *C. chinense* Огненная дева, Хабанеро; к бактериальной пятнистости: образцы европейской селекции EVA_Ca_№20, 26, 111, 128 и др. На рис. 3 представлены примеры ДНК-типирования образцов по генам, связанным с устойчивостью к Y вирусу картофеля (А), вирусу крапчатости сосудов чили (Б), мелойдогинозу (В), вирусу огуречной мозаики (Г).

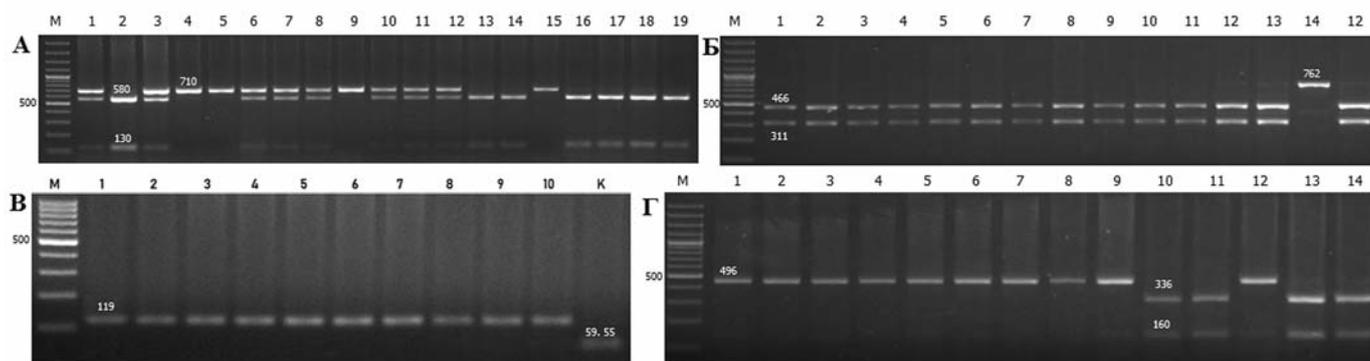


Рис. 3. ДНК-типирование аллелей устойчивости к болезням у форм перца: гена *pvr1* (А), гена *Cvr1* (Б), гена *Me1* (В), гена *Cmr1* (Г)
 Fig. 3. DNA typing of disease resistance alleles in pepper varieties: *pvr1* gene (A), *Cvr1* gene (B), *Me1* gene (C), *Cmr1* gene (D)

Второй группой маркеров, связанной с общей устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам, являются маркеры аллелей, участвующих в регуляции накопления антоцианов в растениях. В таблице 3 представлены апробированные и разработанные маркеры, позволяющие выделять формы с накоплением / отсутствием халкон-нарингенина (SCAR MYB12-603del) и антоцианов (CAPS и SCAR маркеры к генам *Ant1*, *An2*, *ATV*, *An2-like*) в плодах.

В представленных ранее наших исследованиях на основе данных молекулярного маркирования аллелей генов *Ant1*, *An2*, *atv* в популяциях F₂-F₃ изучаемых гибридов и оценки фенотипического проявления признаков на различных этапах онтогенеза, связанных с накоплением антоцианов в растениях, показаны высокая эффективность разработанных молекулярных маркеров, тесное сцепление аллелей генов *Ant1* и *An2* (*Ant1* и *An2-Aft*, *ant1* и *Myb75*). Подтверждено повышение накопления антоцианов в плодах и вегетативных органах при усилении потока солнечного света, а также при понижении температуры в конце вегетационного периода. Выявлены особенности накопления антоцианов в растениях томата в зависимости от аллелей генов *Ant1*, *An2*, *Atv*. Показано максимальное накопление антоцианов в вегетативных органах и плодах у образцов с аллелями *Ant1/An2-Aft/atv* в генотипе [21].

Наряду с описанными ранее, в таблице 3 представлены маркеры к аллелям гена *An2-like*, разработанные по результатам секвенирования данного гена у форм с различным накоплением антоцианов в кожице плодов, которые позволяют разделить образцы с высоким и низким накоплением антоцианов. Данный ген входит в комплекс генов R2R3Myb транскрипционных факторов и тесно сцеплен с геном *Ant1*. На рис. 4 показаны результаты ДНК-типирования форм томата с высоким (Октябрьята, Бурштын, Дзівосны: №1-6), и низким накоплением антоцианов (ИСИ63, Дачный: №7-10) в плодах с помощью SCAR маркера S1An2-like и dCAPS S1An2-like-Aval маркера. SCAR маркер подобран к области гена, охватывающей делеции 3 и 6 п.н. в четвертом экзоне, приводящие к выпадению трех аминокислот в белке. Маркер dCAPS S1An2-like-Aval подобран к SNP-замене C/A в третьем экзоне, приводящей к аминокислотной замене лейцина у диких форм (без накопления антоциана) на метионин у форм с фенотипом Aft. Данная замена расположена в области второго ДНК-связывающего домена синтезируемого белка. Считаем, что данная замена, а также выпадение трех аминокислот вносят вклад в функциональность синтезируемого протеина и, как следствие, в регуляцию накопления антоцианов в плодах.

Таблица 3. Наименование и характеристика маркеров, связанных с накоплением антоцианов, используемых для ДНК-типирования образцов *S. lycopersicum*

Table 3. Name and characteristics of markers associated with anthocyanin accumulation, used for the DNA typing of *S. lycopersicum* samples

Ген	Тип и название маркера	Праймеры для ПЦР	Т отжига, °C	Размер ПЦР продукта, п.н.	Литературный источник
<i>SiMyb12</i>	SCAR, MYB12-603del -aF1/aR6 и MYB12-603del -aF1/aR5	F1: GTGACGAACAACCGAACCTAGAAATAA R5: ATTCTAGCGTTATCAGTCGGCATA R6: GCGGACAAAGTTAATTGGTCACTCA	60	Y - 950, 614; y - 347	Veerappan K. et al., 2016
<i>Ant1</i>	CAPS, Ant1-NcoI	F: GGAAGGACAGCTAACGATGTG; R: GTTGCATGGGTGTAATAAAG	55	<i>Ant1</i> - 478; <i>ant1</i> - 271, 207	Sapir M. et al., 2008
<i>Ant1</i>	SCAR, Ant1.1(FAM)	F: TTCATTGGGAGTGAGAAAAGGTT R(FAM): AACCTGCATGCCTGTTGCCTA	58	<i>Ant1</i> - 340; <i>ant1</i> - 344	Babak O.G. et al., 2024
<i>An2-Aft</i>	SCAR, An2-AFT	F: ATTACAAGTGTCAATTTGTGGAAAG R (FAM): AAACCTTTGAATGAAATAATTGC	51	<i>An-Aft</i> - 661; <i>Myb75</i> - 647; <i>Ant-Ins</i> - 659	Бабак. О.Г. и др., 2024
<i>An2-Aft</i>	SCAR, An2-4	F: ACTTCACAAACTCTTAGGCAATAG R: AGTCTACCAGCAATAAGTGACCAC	61	<i>An-Aft</i> - 186; <i>Myb75</i> - 580; <i>Ant-Ins</i> - 647	Бабак. О.Г. и др., 2024
<i>An2-Like</i>	SCAR, S1An2-like	F: ACACACACCTACACAAGAAGTT R: GTTGTTCGTCATCTTTGTCTAAT	58	<i>Aft</i> - 204 <i>wt</i> - 213	
	dCAPS, S1An2-like-Aval	F: CGTTCACCCACAAATCCCC R: AAGTCTCAAAATGAGATCTATTTTCATCCC	59	<i>Aft</i> - 161 <i>wt</i> - 131	
<i>ATV</i>	SCAR, ATV-In	F(FAM): GAGGTTTCTCGTTGGTAGTC R: CTAATAAAAAGTTATTGAGTTCACG	53	<i>Atv</i> - 81; <i>atv</i> - 85	Сяо Х. et al., 2017
	SCAR, Atv2	F: GTTGGATAAGTAAGAATGTTGTAGA R: CTTCTGAAAGTACATAAAACCACA	55	<i>Atv</i> - 460; <i>atv</i> - 852	Бабак. О.Г. и др., 2024

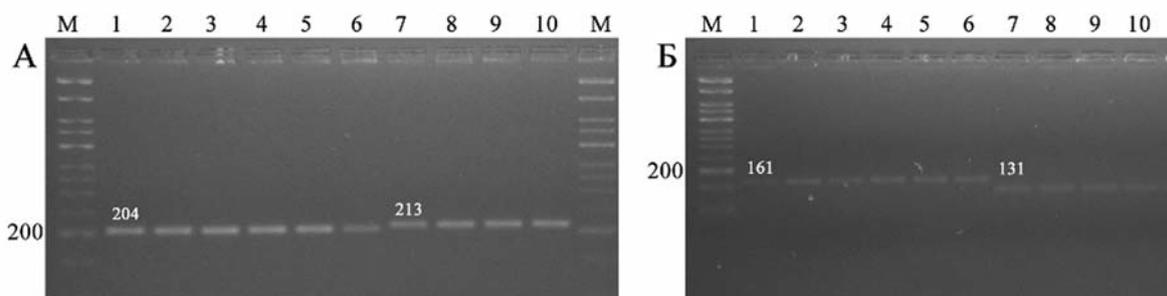


Рис. 4. ДНК-типирование аллелей гена *An2-like* с помощью маркеров *S1An2-like* и *S1An2-like-Aval* у форм томата
Fig. 4. DNA typing of *An2-like* gene alleles using *S1An2-like* and *S1An2-like-Aval* markers in tomato forms

Таблица 4. Наименование и характеристика маркеров, используемых для ДНК-типирования образцов *C. annuum*
 Table 4. Name and characteristics of markers used for the DNA typing of *C. annuum* samples

Ген, полиморфизм	Тип и название маркера	Праймеры для ПЦР	Т отжига, °С	Размер ПЦР продукта, п.н.	Литературный источник
<i>Myb113-like1</i> , delT	CAPS, Myb113-Accl F / R	F: ATGCAGATGGTCACTTATGGCT R: ATGAATTTTTGAACCCCTACAGCAA	60	<i>Aft</i> - 589, 25; <i>delT</i> - 393, 195, 25	Бабак О.Г. и др., 2019
<i>Myb113-like1</i> , prom Ins148	SCAR, Myb113-like1-promIns148 F / R	F: TCCGCCCTCGTTAATTT R: AGCAGGAACAAGATGCCACT	55	<i>Aft</i> - 700; <i>Ins</i> 148 - 848	Бабак О.Г. и др., 2022
<i>Myb113-like1</i> , prom Ins2	SCAR, PromIns2-F(FAM)/R,	F: TTTTAATATTACGTTAATTTGGGAACG FAM R: AATTAGCCGGTTAGCCTCA	59	<i>promIns</i> 2 - 241; без вставки - 239	Бабак О.Г. и др., 2022
<i>Myb113-like2</i> , SNP C/A	dCAPS, Myb113-Accl F / R	F(FAM): AAAGTACAATACTGCCCTCAAGATCACCG R: GACGACGTTTCACTTGTGAGC	60	<i>Aft</i> (C) - 170, 28; <i>wt</i> (A) - 198	Бабак О.Г. и др., 2019
<i>MYB-like ETC3-2</i> , del C и SNP C/G	CAPS, OGF_Pagl	F: AGCTATGCTTCACTAGCTCACC R: TCACTGCCTCTTTCGCATCT	60	<i>Aft</i> - 284 и 61; <i>wt</i> - 345	

В таблице 4 представлены маркеры, разработанные к генам *Myb113-like1* и *Myb113-like2* перца, являющимся аналогами томатному гену *Ant1*. Ранее представлено описание полиморфизма данных генов, выявленно по результатам секвенирования, и его связи с фенотипом *Aft* (накопление антоцианов в плодах на стадии технической спелости, а также в вегетативных органах, чаще всего в междоузлиях стебля и жилках листьев) [22, 23]. Как правило, фенотип *Aft* характерен для форм со следующими размерами маркируемых областей у гена *Myb113-like1*: 589 п.н. и 25 п.н. (CAPS маркер *Myb113-Accl*), а также 700 п.н. (SCAR, *Myb113-like1-promIns148*); у гена *Myb113-like2* – 170 п.н. и 28 п.н. (dCAPS маркер *Myb113-Accl*) [22-24], рис.5 А, Б, В.

В настоящее время основное количество возделываемых сортов перца не накапливают антоцианы в плодах, при этом у большинства из них наблюдается накопление антоцианов в междоузлиях стебля. В нашей изучаемой коллекции накопление антоцианов в междоузлиях стебля не зависело от описанных выше полиморфизмов генов *Myb113-like1* и *Myb113-like2*. При этом в последовательности гена *Myb113-like1* сорта

Златозар, фенотип которого характеризовался полным отсутствием антоцианов в плодах и вегетативных органах, обнаружена наряду с описанными выше маркируемыми полиморфизмами, нарушающими синтез антоцианов, инсерция размером 2 п.н. в промоторной области [24]. Для типирования данной инсерции разработан ДНК-маркер *MYB113-like1-promIns2*, для чего были подобраны праймеры *PromIns2-F(FAM)/R* (табл.4). Отличным от других образцов в изучаемой коллекции был сорт *Блондин*, который по разработанным маркерам характеризовался наличием аллелей генов *Myb113-like1* и *Myb113-like2* без нарушения синтеза антоцианов и, предположительно, мог проявлять фенотип *Aft*, при этом он характеризовался полным отсутствием синтеза антоцианов во всех частях растения. Данный сорт также характеризовался бледно-зеленой окраской вегетативных органов и светлой оранжево-красной окраской плодов. Такие фенотипические признаки могут говорить о возможных нарушениях в генотипе, связанных с синтезом пигментов в целом.

Наряду с поиском генов-гомологов *Ant1* томата, у перца был осуществлен поиск гена-гомолога *ATV*

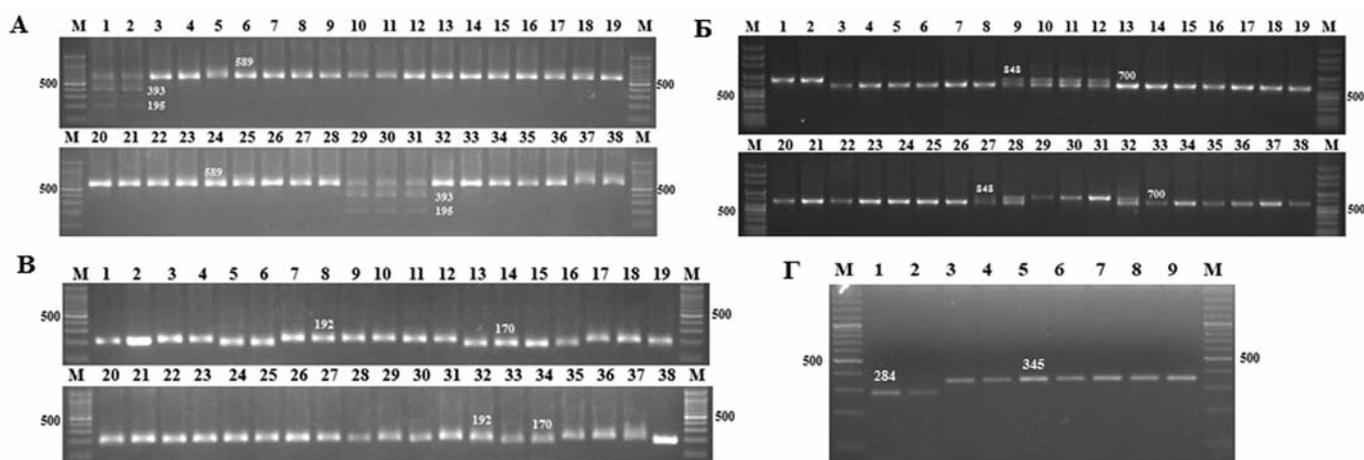


Рис. 5. ДНК-типирование аллелей генов, связанных с накоплением антоцианов у перца: *Myb113-like1-delT/TT*(А), *Myb113-like1-promIns148*(Б), *Myb113-like2-(C/A)* (В), *ETC3-2* (Г)
 Fig. 5. DNA typing of gene alleles associated with anthocyanin accumulation in pepper: *Myb113-like1-delT/TT* (A), *Myb113-like1-promIns148* (B), *Myb113-like2-(C/A)* (C), *ETC3-2* (D)

(*Atroviolaceae*). Одним из выделенных генов - кандидатов является ген *ETC3-2 MYB-like* ТФ *ETC3-2* (GenBank - XM_016723933). По результатам секвенирования последовательностей данного гена у представителей рода *Capsicum* у формы с максимальным накоплением антоцианов в вегетативных органах, венчике цветка и плодах (OGF) выявлены отличные от других образцов изменения в структуре гена *ETC3-2*: однонуклеотидная делеция (*del C*) и SNP-замена C/G перед старт кодоном в первом экзоне гена (м-РНК XM_016723933), приводящие к образованию более раннего старт-кодона, а также однонуклеотидная делеция в первом экзоне (*del T*), приводящая к сдвигу рамки считывания и образованию раннего стоп-кодона во втором экзоне. Данные изменения приводят к формированию новой короткой белковой последовательности и нарушению функций гена, в результате чего возможно активное накопление антоцианов во всех частях растения. Для выявления полиморфизма, связанного с высоким накоплением антоцианов в вегетативных и генеративных органах к *del C* и SNP C/G разработан CAPS маркер OGF_PagI (табл. 4). На рис. 5 Г показаны размеры маркируемых фрагментов: у образца OGF – 284 п.н., у форм с ненарушенной последовательностью гена – 345 п.н.

Заключение

По результатам апробации и верификации выделен комплекс наиболее эффективных представленных в литературе ДНК-маркеров, связанных с устойчивостью к возбудителям грибных, бактериальных, вирусных инфекций и нематодам у томата и перца. Отобраны образцы, являющиеся донорами аллелей резистентности к возбудителям болезней.

На основании оценки полиморфизма генов MYB транскрипционных факторов, связанных с регуляцией накопления флавоноидов (халкон-нарингенина, антоцианов), разработаны молекулярные маркеры, позволяющие дифференцировать образцы томата и перца по накоплению антоцианов в плодах и вегетативных органах. Представлены результаты разработки новых молекулярных маркеров, связанных с накоплением антоцианов у томата к аллелям гена *An2-like* и у перца к аллелям гена *ETC3-2*. С применением системы разработанных ДНК-маркеров выделены образцы для использования в селекционном процессе, направленном на повышение устойчивости к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды.

Литература

1. Biotechnology and plant disease management / ed. by Z.K.Punja, S.H.De Boer, H.Sanfaçon / Biddles Ltd, King's Lynn, UK. 2007. 574 p
2. Lee J.M., Oh C., Yeam I. Molecular Markers for Selecting Diverse Disease Resistances in Tomato Breeding Programs. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2015;(3):308-322. <https://doi.org/10.9787/PBB.2015.3.4.308>
3. Truong H.T.H., Choi H., Cho M.C., Lee H.E., Kim J.H. Use of Cf-9 gene-based markers in marker-assisted selection to screen tomato cultivars with resistance to *Cladosporium fulvum*. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 2011;(52):204–210. <https://doi.org/10.1007/s13580-011-0164-y>
4. Kang W., Hoang N., Yang H., Kwon J., Jo S., Seo J., Kim K., Choi D., Kang B. Molecular mapping and characterization of a single dominant gene controlling CMV resistance in peppers (*Capsicum annuum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2010;(120):1587–1596. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1278-9>
5. Uncu A.T., Celik I., Devran Z., Ozkaynak E., Frary A., Frary A., Doganla S. Development of SNP-based CAPS assay for the Me1 gene conferring resistance to root knot nematode in pepper. *Euphytica*. 2015;(206):393–399. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1489-x>
6. Kim H., Nahm S., Lee H., Yoon G., Kim K., Kang B., Choi D., Kweon O.Y., Cho M., Kwon J., Han J., Kim J., Park M., Ahn J.H., Choi S.H., Her N.H., Sung J., Kim B. BAC-derived markers converted from RFLP linked to *Phytophthora capsici* resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2008;(118):15–27.
7. ChunYing S., Li M., Hai Z., Alainb P., Haoa W., Xi Z. Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of Capsicum mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. *Scientia Horticulturae*. 2015;(181):81-88. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.033>
8. Paran I., Benarous S., Ashkenazi V. Disease resistant pepper plants. Hazera Genetics Ltd, The Agricultural Research Organization. Volcani Center, 2009. Patent WO2009098685 A2
9. Lee H.R., An H.J., You Y.G., Lee J., Kim H.J., Kang B.C., Harn C.H. Development of a novel codominant molecular marker for Chili veinal mottle virus resistance in *Capsicum annuum* L. *Euphytica*. 2013;(193):197–205.
10. Quirin E.A., Ogundiwon E.A., Prince J.P., Mazourek M., Briggs M.O., Chlanda T.S., Kim K., Falise M., Kang B., Jahn M.M. Development of sequence characterized amplified region (SCAR) primers for the detection of Phyto.5.2, a major QTL for resistance to *Phytophthora capsici* Leon. in pepper. *Theor. Appl. Genet.* 2005;(110):605–612. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1874-7>
11. Özkaynak E., Devran Z., Kahveci E., Doğanlar S., Başköylü B., Doğan F., İşleyen M., Yüksel A., Yüksel M. Pyramiding Multiple Genes for Resistance to PVY, TSWV and PMMoV in Pepper Using Molecular Markers. *Euro. J. Hort. Sci.* 2014;79(4):233–239.

12. Römer P., Jordan T., Lahaye T. Identification and application of a DNA-based marker that is diagnostic for the pepper (*Capsicum annuum*) bacterial spot resistance gene Bs3. *Plant Breed.* 2010;(129):737–740. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01750.x>
13. Бабак О.Г., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Дрозд Е.В., Яцевич К.К., Кильчевский А.В. Технология маркер-сопутствующего отбора форм томата с высокими биохимическими и технологическими свойствами плодов: методические рекомендации. Минск: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Национальная академия наук Беларуси; Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси Право и экономика, 2023. 74 с.
14. Игнатова С.И., Бабак О.Г., Багирова С.Ф. Создание высококопиновых гибридов томата для теплиц с использованием традиционных методов селекции и молекулярных маркеров. *Овощи России*. 2020;(5):22-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-22-28> <https://elibrary.ru/avqfuj>
15. Бабак О.Г., Дрозд Е.В., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Яцевич К.К., Баева И.Е., Пугачева И.Г., Французенок А.В., Добродькин М.М., Кильчевский А.В. Оценка и применение молекулярных маркеров в селекции на устойчивость томата (*Solanum lycopersicum* L.) к фитофторе (*Phytophthora Infestans*). *Молекулярная и прикладная генетика*. 2021;(31):22-30. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-22-30> <https://elibrary.ru/kgdhdp>
16. Liu Y., Tikonov Y., Schouten R.E., Marcelis L., Visser R., Bovy A. Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in Solanaceous Vegetables: a review. *Frontiers in Chemistry*. 2018;6(52):1–17. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00052>
17. Bassolino L., Zhang Y., Schoonbeek H.J., Kiferle C., Perata P., Martin C. Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. *New Phytol.* 2013;200(3):650-655. <https://doi.org/10.1111/nph.12524>
18. Zhang Y., Butelli E., De Stefano R., Schoonbeek H.J., Magusin A., Pagliarani C., Wellner N., Hill L., Orzaez D., Granell A., Jones J.D., Martin C. Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Curr. Biol.* 2013;23(12):1094-100. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.04.072>
19. Sapir M., Oren-Shamir M., Ovadia R., Reuveni M., Evenor D., Tadmor Y., Nahon S., Shlomo H., Chen L., Meir A., Levin I. Molecular Aspects of Anthocyanin fruit Tomato in Relation to high pigment-1. *Journal of Heredity*. 2008;99(3):292–303. <https://doi.org/10.1093/jhered/esm128>
20. Cao X., Qiu Z., Wang X., Van Giang T., Liu X., Wang J., Wang X., Gao J., Guo Y., Du Y., Wang G., Huang Z. A putative R3 MYB repressor is the candidate gene underlying atroviolacium, a locus for anthocyanin pigmentation in tomato fruit. *J. Exp. Bot.* 2017;68(21-22):5745-5758. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx382>
21. Бабак О.Г., Дрозд Е.В., Некрашевич Н.А., Анисимова Н.В., Яцевич

К.К., Кильчевский А.В. Разработка молекулярных маркеров накопления антоцианов в плодах и изучение особенностей взаимодействия генов *Ant1*, *An2* и *Atv* у *Solanum lycopersicum*. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2024;(36):7-23. <https://elibrary.ru/gdbfhn>

22. Бабак О.Г., Некрашевич Н.А., Никитинская Т.В., Яцевич К.К., Кильчевский А.В. Изучение полиморфизма генов Myb-факторов на основе сравнительной геномики овощных пасленовых культур (томат, перец, баклажан) для поиска ДНК-маркеров, дифференцирующих образцы по накоплению антоцианов. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2019;63(6):721-729. – <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-6-721-729> <https://elibrary.ru/bmbsqh>

23. Babak O., Nikitinskaya T., Nekrashevich N., Yatsevich K., Kilchevsky A. Identification of DNA Markers of Anthocyanin Biosynthesis Disorders Based on the Polymorphism of Anthocyanin 1 Tomato Ortholog Genes in Pepper and Eggplant. *Crop Breed Genet Genom*. 2020;2(3):e200011. <https://doi.org/10.20900/cbagg20200011>

24. Бабак О.Г., Никитинская Т.В., Некрашевич Н.А., Яцевич К.К., Дрозд Е.В., Фатеев Д.А., Беренсен Ф.А., Артемьева А.М., Кильчевский А.В. Изучение полиморфизма генов R2R3MYB транскрипционных факторов культур семейства Solanaceae и гена Myb114 рода Brassica в связи с регуляцией биосинтеза антоцианов. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2022;66(4):414-424. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-4-414-424> <https://elibrary.ru/fuwvcwf>

• References

13. Babak O.G., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Drozd E.V., Yatsevich K.K., Kilchevsky A.V. Technology of marker-assisted selection of tomato forms with high biochemical and technological properties of fruits: methodological recommendations. Minsk: Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus; National Academy of Sciences of Belarus; Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus Law and Economics, 2023. 74 p. (In Russ.)

14. Ignatova S.I., Babak O.G., Bagirova S.F. Development of high-lycopene tomato hybrids using conventional breeding techniques and molecular markers. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(5):22-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-22-28> <https://elibrary.ru/avqfuj> (In Russ.)

15. Babak O.G., Drozd E.V., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Yatsevich K.K., Bayeva I.E., Pugachova I.G., Frantsuzionak A.V., Dobrodkin M.M., Kilchevsky A.V. Assessment and application of molecular markers in breeding for the resistance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to late blight (*Phytophthora infestans*). *Molecular and Applied Genetics*. 2021;(31):22-30. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-22-30> <https://elibrary.ru/kgdhdp> (In Russ.)

21. Babak O.G., Drozd E.V., Nekrashevich N.A., Anisimova N.V., Yatsevich K.K., Kilchevsky A.V. Development of molecular markers for the accumulation of anthocyanins in fruits and studying the specifics of *Ant1*, *An2* and *Atv* gene interaction in *Solanum lycopersicum*. *Molecular and Applied Genetics*. 2024;(36):7-23. <https://elibrary.ru/gdbfhn> (In Russ.)

22. Babak O.G., Nekrashevich N.A., Nikitinskaya T.V., Yatsevich K.K., Kilchevsky A.V. Study of the Myb-factor polymorphism based on comparative genomics of vegetable Solanaceae crops (tomato, pepper, eggplant) to search for DNA markers that differentiate samples by the anthocyanins accumulation. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2019;63(6):721-729. – <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-6-721-729> <https://elibrary.ru/bmbsqh> (In Russ.)

24. Babak O.G., Anisimova N.A., Nikitinskaya T.V., Nekrashevich N.A., Yatsevich K.K., Drozd L.V., Fateev D.A., Berensen F.A., Artemyeva A.M., Kilchevsky A.V. Investigating of the polymorphism of Solanaceae R2R3 Myb and Brassica Myb114 genes of transcription factors in connection with the anthocyanin biosynthesis regulation. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2022;66(4):414-424. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-4-414-424> <https://elibrary.ru/fuwvcwf> (In Russ.)

Об авторах:

Ольга Геннадьевна Бабак – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, SPIN-код: 8702-4355, <https://orcid.org/0000-0002-1087-9472>,

автор для переписки, O.Babak@igc.by, babak_olga@mail.ru

Елизавета Валерьевна Дрозд – младший научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, <https://orcid.org/0009-0005-7208-0809>, E.drozd@igc.by

Наталья Александровна Некрашевич – научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, SPIN-код: 8288-8067, <https://orcid.org/0000-0002-4707-6497>, n.nekrashevich@igc.by

Наталья Владимировна Анисимова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, SPIN-код: 3000-1523, <https://orcid.org/0009-0007-6790-8864>, n.anisimova@igc.by

Констанция Константиновна Яцевич – научный сотрудник лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, k.yatsevich@igc.by, <https://orcid.org/0009-0001-7040-4671>

Павел Владимирович Шестерень – студент магистратуры Университета Национальной академии наук Беларуси, <https://orcid.org/0009-0003-6022-8285>, Shesteren.P@yandex.by

Ирина Евгеньевна Баева – кандидат с.-х. наук, зав. учебно-научно-исследовательской генетической лабораторией Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 8736-7550, <https://orcid.org/0000-0003-1933-5591>, irynabayeva27@mail.ru

Наталья Александровна Невестенко – кандидат с.-х. наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 1917-9851, <https://orcid.org/0000-0002-8278-9804>, natallia.nevestenko@gmail.com

Ирина Геннадьевна Пугачёва – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 3875-8999, <https://orcid.org/0000-0001-8329-7468>, puhachova.irina@gmail.com

Михаил Михайлович Добродькин – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, SPIN-код: 2238-2173, <https://orcid.org/0000-0003-2702-1226>, dobro_1962@mail.ru

Александр Владимирович Кильчевский – академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, научный руководитель лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, SPIN-код: 2496-4294, <https://orcid.org/0000-0002-0175-9786>, kilchev@presidium.bas-net.by

About the Authors:

Olga G. Babak – Cand. Sci. (Biology), Assistant Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Ecological Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, SPIN-code: 8702-4355,

<https://orcid.org/0000-0002-1087-9472>,

Corresponding Author, babak_olga@mail.ru, o.babak@igc.by

Elizaveta V. Drozd – Junior Researcher of the Laboratory of Ecological Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, <https://orcid.org/0009-0005-7208-0809>, e.drozd@igc.by

Natalya A. Nekrashevich – Researcher of the Laboratory of Ecological Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, SPIN-code: 8288-8067, <https://orcid.org/0000-0002-4707-6497>, n.nekrashevich@igc.by

Natalya V. Anisimova – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Ecological Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, SPIN-code: 3000-1523, <https://orcid.org/0009-0007-6790-8864>

Kanstantsiya K. Yatsevich – Researcher of the Laboratory of Ecological Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, <https://orcid.org/0009-0001-7040-4671>, k.yatsevich@igc.by

Pavel V. Shesteren – Master's degree student, University of the National Academy of Sciences of Belarus, <https://orcid.org/0009-0003-6022-8285>, Shesteren.P@yandex.by

Iryna E. Bayeva – Cand. Sci. (Agriculture), Chief of the Academic-scientific-investigation Genetics Laboratory, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 8736-7550, <https://orcid.org/0000-0003-1933-5591>, irynabayeva27@mail.ru

Natalya A. Nevestenko – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Lecturer of the Department of the Agricultural Biotechnology, Ecology and Radiology, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 1917-9851, <https://orcid.org/0000-0002-8278-9804>, natallia.nevestenko@gmail.com

Iryna G. Puhachova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of the Agricultural Biotechnology, Ecology and Radiology, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 3875-8999, <https://orcid.org/0000-0001-8329-7468>, puhachova.irina@gmail.com

Mihail M. Dobrodin – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Belarusian State Agricultural Academy, SPIN-code: 2238-2173, <https://orcid.org/0000-0003-2702-1226>, dobro_1962@mail.ru

Alexander V. Kilchevsky – Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sci. (Biology), Professor, Scientific Director of the Laboratory of Environmental Genetics and Biotechnology, Institute of Genetics and Cytology of National Academy of Science of Belarus, SPIN-code: 2496-4294, <https://orcid.org/0000-0002-0175-9786>, kilchev@presidium.bas-net.by

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-14-18>
УДК: 635.21(089)

С. Н. Травина*

Полярная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» 184209, Россия, Мурманская обл., Апатиты, ул. Козлова, 2а

*Автор для переписки: swetusic@mail.ru

Вклад автора: Травина С.Н.: работа с литературой, проведение исследования, анализ полученных результатов, подготовка материалов, написание и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания ВИР № 0481-2022-0004.

Для цитирования: Травина С.Н. Мировая дублетная коллекция картофеля ВИР – ценный источник генетических ресурсов для селекции. *Овощи России*. 2025;(1):14-18. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-14-18>

Поступила в редакцию: 04.05.2024

Принята к печати: 25.09.2024

Опубликована: 28.12.2024

Svetlana N. Travina

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Polar Experiment Station of VIR Apatity, Russia

Corresponding Author: swetusic@mail.ru

Author's Contribution: Travina S.N.: literature search, conducting research, analysis of obtained results, preparation of materials, writing and editing the manuscript.

Conflict of interest. The author declares that he has no conflict of interest.

Acknowledgments. The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Funding. The work was carried out within the framework of the State assignment VIR No. 0481-2022-0004.

For citation: Travina S.N. VIR potato doublet collection, its significance for breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):14-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-14-18>

Received: 04.05.2024

Accepted for publication: 25.09.2024

Published: 28.12.2024

Мировая дублетная коллекция картофеля ВИР – ценный источник генетических ресурсов для селекции



РЕЗЮМЕ

Актуальность и материал исследований. В 2023 году исполнилось 100 лет с начала сбора, изучения и сохранения мировой дублетной коллекции картофеля (УНУ, регистрационный USU_505851) на Полярной опытной станции филиала ВИР. Это одна из старых и уникальных коллекций картофеля, сохранение которой осуществляется в полевых условиях за Полярным кругом, в Мурманской области. Первые образцы картофеля начали поступать в состав коллекции с 1923 года. Сейчас дублетная коллекция картофеля насчитывает 3200 образцов. В ее состав входят селекционные сорта, гибриды, культурные южно-американские виды картофеля *Solanum andigenum* Juz. et Buk, *Solanum chilotatum* Hawkes. Коллекция представляет собой уникальный генетический материал, имеющий высокое значение при решении вопросов повышения эффективности ведения сельского хозяйства в стране.

Результаты. В составе полевой коллекции картофеля довольно широко представлен исходный материал к опасным карантинным объектам: раку картофеля (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Persiva) и глободерозу (*Globodera rostochiensis* Woll.). Есть доноры устойчивости к фитофторозу (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.). Данный исходный материал обладает рядом хозяйственно ценных признаков, например, скороспелостью, морозостойкостью, урожайностью, товарностью. Входят в полевую дублетную коллекцию и сорта с высоким количеством фенольных соединений в мякоти клубня. Такие сорта, как правило, пригодны для диетического питания, а также могут быть использованы для профилактики ряда заболеваний.

Заключение. Собрание коллекции представляет огромное значение для прикладных исследований, развития селекционной работы и обеспечения продовольственной безопасности региона и страны в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

картофель, полевая коллекция, генетические ресурсы, сорт

VIR potato doublet collection, its significance for breeding

ABSTRACT

Relevance and research material. In 2023, it was 100 years since the beginning of the collection, study and preservation of the world doublet collection of potatoes (UNU, registration USU_505851) at the Polar Experimental Station of the VIR branch. This is one of the oldest and unique potato collections, the preservation of which is carried out in the field. The first potato samples began to enter the collection in 1923. Now the potato doublet collection has 3200 samples. It includes breeding varieties, hybrids, cultivated South American potato species *Solanum andigenum* Juz. et Buk, *Solanum chilotatum* Hawkes.

Results. The collection is a unique genetic material that is of high importance in solving issues of improving the efficiency of agriculture in the country. As part of the field collection of potatoes, the source material for dangerous quarantine objects is quite widely presented: potato cancer (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Persiva) and globoderosis (*Globodera rostochiensis* Woll.). There are donors of late blight resistance (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.). There is a source material in the collection that has economically valuable characteristics: precocity, frost resistance, yield, marketability. Varieties with a high amount of phenolic compounds in the tuber pulp are also included in the field doublet collection. Such varieties are suitable for dietary nutrition and can be used in the prevention of a number of diseases.

Conclusion. The collection of the collection is of great importance for applied research and for ensuring food security of the region and the country as a whole.

KEYWORDS:

potatoes, field collection, genetic resources, variety

Введение

Богатейший потенциал генетических ресурсов растений сосредоточен в виде мировой коллекции растительных ресурсов в Федеральном исследовательском центре «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» в Санкт-Петербурге. Генетический банк ВИРа сегодня занимает 4 место в мире по размерам и разнообразию [1]. В состав коллекции входят живые растения, вегетативно размножаемые культуры *ex situ*; *in situ*; семена; гербарии; криокультуры. Коллекция насчитывает 325660 образцов 64 ботанических семейств 376 родов 2169 видов [2,3]. Из них коллекция картофеля составляет более 8000 образцов [4]. В ее состав входят селекционные сорта (2200 образцов), дикие виды (140 видов в количестве 2100 образцов), южно-американские культурные виды (6 видов в количестве 3200 образцов) [5].

Сбор коллекции картофеля был начат С.М. Букасовым по заданию Н.И. Вавилова в 1919 году [6]. Примерно в это же время в ВИРе началась интродукция и зарубежных сортов картофеля [4]. А к 1925 году в ВИРе уже находилась довольно богатая коллекция селекционного и местного картофеля [5,7].

Образцы картофеля из коллекции ВИР в дальнейшем были переданы для изучения и последующего поддержания на Полярную опытную станцию ВИР, расположенную на Кольском полуострове за Полярным Кругом в Мурманской области. Данное решение было принято ввиду уникальных климатических условий Севера, которые оказались наиболее пригодными для длительного сохранения картофеля в полевых коллекциях. Сегодня Полярная ОС филиала ВИР располагает крупной дублетной коллекцией картофеля. В ее собрании насчитывается более 3000 образцов (рис.). В коллекции станции находятся селекционные сорта (2481 образец), культурные южно-американские виды картофеля *Solanum andigenum* Juz. et Buk (161 образец), *Solanum chilotanum* Hawkes (88 образцов), а также межсортовые и межвидовые гибриды (500 образцов).

Формирование коллекционных фондов Полярной ОС филиала ВИР началось практически со дня ее основания [8] и продолжается до сих пор. Пополнение коллекции осуществляется ежегодно в среднем на 40-50 образцов. Образцы картофеля поступают из ВИРа, куда они попадают от экспедиционных сборов, с селекционных российских центров или из-за рубежа. При поступлении все образцы учитываются, размножаются и переходят в коллекцию изучения, где за три года по каждому образцу проводится всесторонний комплексный анализ. Анализ осуществляется по основным хозяйственно-ценным признакам, где учитываются элементы продуктивности, дается визуальная полевая устойчивость к вирусным патогенам картофеля (ХВК, МВК, SBK), вызывающих в основном мозаичные закручивания листьев, крапчатость [9,10]. В условиях Севера вирусные забо-

левания визуально проявляются незначительно и находятся в основном в латентной форме [11]. Проводится полевая оценка и к таким опасным патогенам, как фитофтороз картофеля и ризиктониозу; к неблагоприятным условиям окружающей среды, так как условия Севера изменчивы и непостоянны. Также осуществляются фенологические наблюдения [10].

Проведенное изучение способствует составлению для каждого образца характеристики в качестве исходного материала для селекционной работы, а при изучении гибридов способствует выделению кандидатов в сорта для последующей их передачи в Государственную комиссию РФ.

После изучения образцы попадают в дублетную коллекцию поддержания картофеля. Эта коллекция, как и сформированная коллекция в ВИРе, имеет высокую с точки зрения генетического ресурса ценность. Находящиеся в ней образцы могут быть в любой момент включены в селекционный процесс с целью получения картофеля с новыми свойствами. Ведь дублетная коллекция – это в первую очередь многочисленные источники ценных признаков.

Цель данной работы: провести анализ потенциала дублетной коллекции картофеля ВИР, его значения для селекции

Материалы, методы и объекты исследования

В качестве материала исследования был выбран потенциал дублетной коллекции картофеля ВИР, проведен анализ его использования в селекции.

Результаты исследований и их обсуждение

Дублетная коллекция картофеля ВИР длительное время сохраняется в условиях *ex situ*, чему благоприятно способствует климат Мурманской области. В уникальных условиях Заполярья растения картофеля остаются визуально здоровыми от вирусов. Ранее это было отмечено учеными того времени [11, 12], а также и современными исследователями [13,14]. Дублетные полевые коллекции картофеля являются важным компонентом биоразнообразия, обладают огромным генетическим ресурсом [3]. В ее составе есть доноры устойчивости к раку картофеля (заболевание вызывает гриб *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Persiva): *Mittelfrue* (к-470); *Parnassia* (к-4755); *Paul Wagner* (к-510); *Doon Star* (к-188); *Great Scot* (к-4749); *Gladstone* (к-279); *Камераз 1* (к-1255). Большинство из вышеперечисленных сортов были способны максимально передавать этот ценный признак при скрещивании будущему потомству [15], а само наследование происходит по доминантным генам [16]. К тому же, рак картофеля до сих пор числится в списке опасных карантинных заболеваний растений в реестре РФ. В современном мире для борьбы с данным заболеванием чаще



Рис. Мировая дублетная коллекция картофеля в поле и в хранилище
Fig. World doublet collection of potatoes in the field and during storage

стали применять межвидовые скрещивания [17], например, с применением видов *S. okadae* Hawkes et Hjerting, *S. chacoense* Bitt, *S. stoloniferum* Schlecht. В результате скрещиваний учеными были получены межвидовые гибридные клоны с высокой устойчивостью к данному патогену. Результат работ ученых бережно сохраняется в коллекции гибридов станции (например, 8-1-2004; 8-8-2004; 94-5).

Сильный вред картофелю, как сельскохозяйственной культуре, оказывает и возбудитель фитофтороза картофеля. Использование диких видов картофеля, полученных в коллекцию ВИР в результате экспедиций в Центральную и Южную Америку, позволило минимизировать вред от этого опасного заболевания. Сегодня известны 64 диких вида картофеля, у которых есть гены устойчивости к фитофторозу [7]. Одним из первых в селекционный процесс создания фитофтороустойчивых сортов был вовлечен мексиканский дикорастущий вид *S. demissum* Lindl., так как он хорошо скрещивался с сортовым картофелем и передавал R-гены расоспецифического иммунитета гибридному потомству. Сейчас в дублетной коллекции станции находится большое количество сортов, по сути являющихся межвидовыми гибридами, которые были получены с участием того или иного родственного дикого вида картофеля. Например, коллекция содержит демиссоиды, с доминантными R-генами устойчивости: Детскосельский (к-2902), Веселовский 2-4 (к-6886), Арина (к-10157), Anett (к-6616), Зауральский (к-6833), Суйдинский ранний (к-6843), Format (к-7604), Sommerstärke (к-9764), Русская красавица (к-25142), Сиреневый туман (к-25143), Чароит (к-25221) и др. Все они имеют гены устойчивости к фитофторозу. Причем сорта Русская красавица (к-25142), Сиреневый туман (к-25143), Чароит (к-25221) были получены с участием еще одного носителя генов двух типов устойчивости к фитофторозу – *S. stoloniferum* Schlecht.

Есть в коллекции станции около 300 сортов – доноров устойчивости к опасному карантинному вредителю – золотистой картофельной цистообразующей нематоды (*Globodera rostochiensis* Woll.). В собрании коллекции станции бережно хранятся созданные одними из первых в мире нематодоустойчивые сорта немецкой селекции Sagitta (к-16762) и Spekula (к-16764). В их родословной был использован клон *S. andigenum* 54.3.14.34. Известно, что культурный тетраплоидный вид *S. andigenum* является многочисленным источником ценных признаков. Данный вид широко применяется в селекционном процессе не только при создании нематодоустойчивых сортов, но и при получении фитофтороустойчивых, скороспелых и крахмалистых форм [4, 18]. Есть в коллекции и нематодоустойчивые сорта: Atlantic (к-17353), Concorde (к-19562), Producent (к-19573), Saturna (к-6236). Их устойчивость к глободерозу контролируется независимым доминантным геном H1, источником которого служит *S. tuberosum* ssp. *andigena* (CPC 1673) [19]. Сорта Alwara (к-12183), Arosa (к-24762) имеют в своей родословной ген устойчивости к золотистой картофельной нематоды, переданный видом *S. spagazzini* Bitt. А отечественному сорту Бежицкий (к-11748) и Fala (к-21114) из Польши ген нематодоустойчивости передал не менее знаменитый южноамериканский вид *S. vernei* Bitt. et Wittm.

В дублетной коллекции станции есть и дикие виды картофеля, клубни которых не имеют периода покоя (*S. rybinii* Juz. et Buk.; *S. phureja* Juz. et Buk.). В результате скрещивания с дикими видами были получены первые в мире двуурожайные сорта с коротким периодом покоя: Хибинь 3 (к-830), Хибинская скороспелка (к-1290), Хибинский двуурожайный (к-6930). Эти образ-

цы также находятся в дублетной коллекции и могут быть использованы в селекционном процессе.

Приоритетным направлением в условиях Севера до сих пор является изучение селекционерами признака скороспелости у картофеля. Результат трудов селекционеров хранит дублетная коллекция картофеля, в состав которой входят скороспелые сорта: Early Rose (к-22144), Ulster Prince (к-3868), Lady Claire (к-12242), Carina (к-19452), Суйдинский ранний (к-6843), Хибинский ранний (к-6928), Приекульский ранний (к-1050), Повировец (к-6914), Мурманский (к-1291), Пригожий 2 (к-10747), Арина (к-10157) и др. Все они были широко распространены в прошлом в нашей стране и за рубежом, их активно возделывали в производственных масштабах и использовали в селекционном процессе. Например, сорт Early Rose (к-22144) входит в родословную более 800 сортов, большая часть которых унаследовало признаки раннеспелости [20]. Многочисленные потомки Early Rose (к-22144) также имеются в дублетной коллекции ВИР [21]. Это сорта: Детскосельский (к-2902), Ермак (к-1281), Седов (к-1282), Oberarnbacher Fruhe (к-4939), Мурманский (к-1291), Приекульский ранний (к-1050), Харьковский ранний (к-6868) и др.

Сорт Приекульский ранний (к-1050) также был широко вовлечен селекционерами в процесс получения раннеспелых сортов. С его участием было создано более 50 сортов отечественной селекции. В дублетной коллекции сегодня находится не только сорт Приекульский ранний (к-1050), но и его потомки: Скороспелка (к-2265), Белорусский ранний (к-6882), Гатчинский (к-10123), Приобский (к-10139), Повировец (к-6914), Белоснежка (к-10162) и многие другие.

При анализе признака скороспелости сорта на Севере, нельзя не упомянуть сорт Хибинский ранний (к-6928), созданный селекционерами специально для Мурманской области. Сорт был создан в 1949 году, до сих пор находится в коллекционных закромах станции, а также широко используется в селекционной работе и в настоящее время. С его участием получен ряд урожайных скороспелых перспективных гибридов 3/7211= «Северный» (к-25184), 4/856= «Умка» (к-25187), 15/881=«Катерина» (к-24715), 15/886=«Светланка Хибинская» (к-25185), 21/8516=«Северянин» (к-24744), 39/899=«Брат2» (к-25182) и сортов: Заполярный (к-10181), Полярный розовый (к-10745), Северянка Мурманская (к-12108).

С помощью коллекции станции можно решать еще одну из важнейших задач селекции – адаптации растений картофеля к постоянно меняющимся условиям окружающей среды. На Севере это задача решалась практически с первых дней формирования коллекции картофеля. Из имеющегося сортимента образцов учеными выбирались сортообразцы, наиболее пригодные для возделывания в суровых условиях Севера. Среди них были образцы из Восточной Сибири, например, Снежинка (к-816), а также сорта из Европы: Paul Wagner (к-510) (Германия) и Arran Pilot (к-4741) (Великобритания). Эти сорта оказались наиболее адаптированными к низким среднесуточным температурам воздуха, отличались относительно высокой урожайностью, а также ракоустойчивостью [8].

После открытия новых видов картофеля, отличающихся по количеству хромосом и экологическими особенностями, коллекция ВИР пополнилась новыми образцами, знание о которых дали новый толчок развития практической селекции. На Полярной опытной станции образцы, полученные ВИРОм из Центральной и Южной Америки, помогли пристальному изучению холодостойкости. Самыми адаптированными к холоду оказались представители вида *Solanum acaule* Bitt. Меньше всех адаптирован к заморозкам оказался вид *S. tuberosum* L.

Пополнение коллекции южно-американскими видами дало возможность вести межвидовую гибридизацию, передавая культурным сортам картофеля холодо и засухоустойчивость, повышенное содержание крахмала, витамина С. Так в составе коллекции станции появились первые межвидовые гибриды, полученные в Мурманской области при скрещивании сорта Jubel (к-24078) с культурным видом *S. andigenum* var. *tokanum*. Эти гибриды отличались высокой урожайностью к 80-90 дню от посадки и имели повышенное содержанием крахмала. Сейчас они широко известны как сорта: Имандра (к-1262) и Сестра Иманды (к-1261). Сорт Имандра (к-1262) отличается высокими вкусовыми качествами [22, 23], до сих пор пользуется высокой популярностью среди населения в Мурманской области. Сорт Имандра (к-1262) в дальнейшем послужил донором при создании в Мурманской области знаменитых раннеспелых сортов: Белоснежка (к-10162), Заполярный (к-10181), Повировец (к-6914), Фантазия (к-25132), Спутник (23/524) (п-130), Хибинский ранний (к-6928) и др.

Из них сорт Повировец (к-6914) выделяется по высокому содержанию белка. Сорт может быть использован при детском и диетическом питании [23].

В последние годы большое внимание селекционеров уделялось сортам картофеля, имеющим в составе феноль-

ные вещества – антоцианы. В России успешно были созданы сорта с пигментированной мякотью – ярко-красного, розового или фиолетового цвета [24]. Этому способствовало широкое применение ДНК маркеров целевых генов биосинтеза антоцианов на основе применения ПЦР анализов. Суммарное содержание антиоксидантов в таком картофеле в 4-7 раз выше по сравнению с беломякотными сортами. В дублетной коллекции картофеля сегодня находится около 20 сортов с высоким содержанием фенолов. Среди них: Экзотика (к-25082), Василёк (к-25199), Сеянец Степана (к-25255), Степан (к-25257), Кубинка (к-25276), Лекарь (к-25343), Аметист (к-25336), Северное Сияние (к-25344) [25]. Сорт Северное сияние (к-25344) по заявке оригинаторов не только пригоден для диетического питания, но и имеет устойчивость к золотистой картофельной нематоде [26].

Заключение

Таким образом, дублетная коллекция картофеля ВИР на Полярной опытной станции – это генетический ресурс, один из национальных богатств Российской Федерации, который играет доминирующую роль в создании новых сортов сельскохозяйственных растений, обеспечивают суверенитет и национальную безопасность страны.

• Литература

1. Дзюбенко Н.И. Вавиловская стратегия пополнения, сохранения и рационального использования генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2012;(169):4-40. <https://www.elibrary.ru/ubygcl>
2. Данилова Т.А., Спиридонов А.М., Архипов М.В. Генетические ресурсы растений как фактор управления качеством продукции. *Известия Санкт-петербургского государственного аграрного университета*. 2019;(54):31-39. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11031> <https://www.elibrary.ru/zxzlit>
3. Багиров В.А., Журавлева Е.В. ВИР: Бюро по прикладной ботанике – Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):5-6. <https://www.elibrary.ru/ucpkex>
4. Рогозина Е.В., Гурина А.А. Состав коллекции примитивных культурных видов секции *Petota* Dumort. рода *Solanum* L. и актуальные направления их исследования. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(3):190-202. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-190-202> <https://www.elibrary.ru/dtvxih>
5. Киру С.Д., Рогозина Е.В. Мобилизация, сохранение и изучение генетических ресурсов культуривуемого и дикорастущего картофеля. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(1):7-15. <https://doi.org/10.18699/VJ17.219> <https://www.elibrary.ru/xyebbl>
6. Антонова О.Ю., Швачко Н.А., Новикова Л.Ю., Шувалов О.Ю., Костина Л.И., Клименко Н.С., Шувалова А.Р., Гавриленко Т.А. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR - локусов и маркеров R - генов устойчивости. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(5):596-606. <https://doi.org/10.18699/VJ16.181> <https://www.elibrary.ru/wycwef>
7. Киру С.Д. Мировой коллекции картофеля ВИР – 80 лет. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2007;(163):7-21. <https://www.elibrary.ru/uiboxn>
8. Травина С.Н. Полярная опытная станция ВИР – северный форпост исследований картофеля. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):139-145. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-139-145> <https://www.elibrary.ru/asytgg>
9. Букасов С.М., Камераз А.Я. Селекция и семеноводство картофеля. Ленинград: Колос, 1972.
10. Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010.
11. Ячевский А.А. Болезни вырождения картофеля по данным обследования 1924 года. Москва, 1925.
12. Эйхфельд И.Г. Борьба за Крайний Север. Краткие итоги работы Полярного Отделения ВИР 1923-1933. Издание Всесоюзного института растениеводства, Ленинград, 1933. 46 с.
13. Трускинов Э.В., Фролова Д.В. Вирусологическая оценка мировой коллекции картофеля. *Вестник защиты растений*. 2002;(1):22-26. <https://www.elibrary.ru/zcafst>
14. Трускинов Э.В., Хрусталева Я.Б., Королева Л.В., Косарева О.С. Обследование коллекции картофеля ВИР с целью выявления сортов с полевой устойчивостью к вирусным болезням. *Вестник защиты растений*. 2011;(3):41-44. <https://www.elibrary.ru/osqoot>
15. Камераз А.Я. Устойчивость межвидовых гибридов картофеля к раку. *Вести сельскохозяйственной науки*. 1957;(6):35-42.
16. Камераз А.Я., Яшина И.М., Склярора Н.П. Генетика устойчивости картофеля к патогенам. *Генетика картофеля*. М: наука, 1973.
17. Рогозина Е.В., Лиманцева Л.А., Хютти А.В. Исходный материал для селекции сортов картофеля с групповой устойчивостью к патогенам. *Вестник защиты растений*. 2008;(4):62-64. <https://www.elibrary.ru/kaumox>
18. Киру С.Д., Костина Л.И., Косарева О.С., Жигadlo Т.Э., Травина С.Н., Чалая Н.А., Кирпичева Т.В. Генетическое разнообразие мировой коллекции ВИР и ее использование в селекции. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):31-34. <https://www.elibrary.ru/ucpkhp>
19. Шанина Е.П., Ключкина Е.М., Кокшаров В.П., Шанин А.А. Создание нематодоустойчивых сортов – приоритетное направление в селекции картофеля на среднем Урале. *Аграрный вестник Урала*. 2011;2(81):59-61. <https://www.elibrary.ru/pasyvl>
20. Костина Л.И., Косарева О.С. Генеология отечественных сортов картофеля. Научный редактор С.Д. Киру. Санкт-Петербург:ВИР; 2017. 72 с. <https://www.elibrary.ru/yrsatx>
21. Костина Л.И., Фомина В.Е., Королева Л.В., Бычков Д.А., Косарева О.С. Селекционные сорта картофеля. (Исходный материал, выделенный на основе новой технологии). Каталог мировой коллекции ВИР, выпуск 804, Санкт Петербург, 2010.
22. Жигadlo Т.Э., Травина С.Н. Раннеспелые сорта картофеля, пригодные для возделывания в Мурманской области. Каталог мировой коллекции ВИР, выпуск 852, Санкт Петербург, 2017.

23. Травина С.Н. Урожайность и продовольственные качества картофеля на Крайнем Севере. *Проблемы современной науки и образования*. 2018;5(125):32-38. <https://doi.org/10.20861/2304-2338-2018-125-003> <https://www.elibrary.ru/yvvrwk>
24. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин А.В., Гайзатулин А.С. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России. *Картофель и овощи*. 2020;(12):22-26. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.49.70.005> <https://www.elibrary.ru/bfaeul>
25. Травина С.Н. Раскрытие потенциала сортов картофеля с цветной мякотью в условиях Мурманской области. *Vavilovia*. 2021;4(1):36-47. <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-1-36-47> <https://www.elibrary.ru/ontzix>
26. Мироненко Н.В., Rogozina E.V., Гурина А.А., Хютти А.В., Чалая Н.А., Афанасенко О.С. Дикие родичи и межвидовые гибриды картофеля – исходный материал для селекции на устойчивость к золотистой нематоде. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(4):173-184. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-173-184> <https://www.elibrary.ru/bnnzes>
- **References**
1. Dzyubenko N.I. Vavilov strategy of collecting, maintaining and rational utilization of plant genetic resources of cultivated plants and their wild relatives. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2012;(169):4-40. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/ubygcl>
2. Danilova T.A., Spiridonov A.M., Arkhipov M.V. Plant genetic resources as a factor of product quality management. *Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2019;(54):31-39. (in Russ.) <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11031> <https://www.elibrary.ru/zxzlit>
3. Bagirov V.A., Zhuravleva E.V. VIR: Applied Botany Office – Federal Research Center N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2015;29(7):5-6. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ucpkex>
4. Rogozina E.V., Gurina A.A. Composition of the collection of primitive cultivated species within the *Solanum* L. section *Petota* Dumort. and contemporary trends in their research. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(3):190-202. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-190-202> <https://www.elibrary.ru/dtvxih> (in Russ.)
5. Kiru S.D., Rogozina E.V. Mobilization, conservation and study of cultivated and wild potato genetic resources. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(1):7-15. (in Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ17.219> <https://www.elibrary.ru/xyebbl>
6. Antonova O.Y., Shvachko N.A., Novikova L.Y., Shuvalov O.Y., Kostina L.I., Klimenko N.S., Shuvalova A.R., Gavrilenko T.A. Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR-loci and markers associated with resistance R-genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):596-606. (in Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ16.181> <https://www.elibrary.ru/wycwef>
7. Kiru S.D. The VIR potato collection has 80 years. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2007;(163):7-21. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/luiboxn>
8. Travina S.N. Polar Experiment Station of VIR: the northernmost out-post of potato research. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):139-145. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-139-145> <https://www.elibrary.ru/asytgg> (in Russ.)
9. Bukasov S.M., Kameraz A.Ya. Potato breeding and seed production. Leningrad: Kolos, 1972 (in Russ.)
10. Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection. St. Petersburg: VIR; 2010. (in Russ.)
11. Yachevsky A.A. Diseases of potato degeneration according to the survey of 1924. Moscow, 1925. (in Russ.)
12. Eichfeld I.G. Struggle for the Far North. Brief results of the work of the Polar Department of the VIR 1923-1933. Leningrad: VIR; 1933. (In Russ.)
13. Truskinov E.V., Frolova D.V. Virus istimation of the world potato collection. *Plant Protection News*. 2002;(1):22-26. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/zcafst>
14. Truskinov E.V., Khrustaleva Ya.B., Koroleva L.B., Kosareva O.S. Investigation of the potato collection of the All-Russian Institute of Plant Industry for the purpose of revealing grades with field resistance to virus diseases. *Plant Protection News*. 2011;(3):41-44. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ocqpot>
15. Kameraz A.Ya. Resistance of interspecific potato hybrids to cancer. *Conduct of agricultural science*. 1957;(6):35-42. (in Russ.)
16. Kameraz A.Ya., Yashina I.M., Sklyarova N.P. Genetics of potato resistance to pathogens. The genetics of potatoes. Moscow: Nauka, 1973. (in Russ.)
17. Rogozina E.V., Limantseva L.A., Khutti A.V. Source material for the breeding of potato varieties with group resistance to pathogens. *Plant Protection News*. 2008;(4):62-64. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/kaumox>
18. Kiru S.D., Kostina L.I., Kosareva O.S., Zhigadlo T.E., Travina S.N., Chalaya N.A., Kirpichyova T.V. [Genetic diversity of potato world collection of VIR and its use in breeding. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2015;29(7):31-34. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/ucpkhp>
19. Shanina E.P., Klukina E.M., Koksharov V.P., Shanin A.A. Creation steady for the nematoda of grades - the priority direction in potato selection in average Ural Mountains. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011;2(81):59-61. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/pasyvl>
20. Kostina L.I., Kosareva O.S. Geneology of domestic potato varieties. Rye. S.D. Kiru (ed.). St Petersburg: VIR; 2017. 2017. 72 p. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/ysratx>
21. Kostina L.I., Fomina V.E., Koroleva L.V., Bychkov D.A., Kosareva O.S. Selective potato varieties (source material isolated on the basis of new technology). Catalog of the world collection of VIR. Issue 804, St Petersburg: VIR; 2010. (in Russ.)
22. Zhigadlo T.E., Travina S.N. Early ripening potato varieties suitable for cultivation in the Murmansk region. Catalog of the world collection of VIR. Issue 852, St. Petersburg: VIR; 2017. (in Russ.)
23. Travina S.N. Productivity and food quality of potatoes in the Far North. *Modern Problems of Science and Education*. 2018;5(125):32-38. (in Russ.) <https://doi.org/10.20861/2304-2338-2018-125-003> <https://www.elibrary.ru/yvvrwk>
24. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin A.V., Gaizatuilin A.S. Current trends in the development of potato breeding and seed production in Russia. *Potato and vegetables*. 2020;(12):22-26. (in Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.49.70.005> <https://www.elibrary.ru/bfaeul>
25. Travina S.N. Revealing the potential of potato varieties with colored pulp in the conditions of the Murmansk region. *Vavilovia*. 2021;4(1):36-47. (in Russ.) <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-1-36-47> <https://www.elibrary.ru/ontzix>
26. Mironenko N.V., Rogozina E.V., Gurina A.A., Khiutti A.V., Chalaya N.A., Aфанасенко О.С. Wild relatives and interspecific hybrids of potato as source materials in breeding for resistance to golden nematode. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(4):173-184. (in Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-173-184> <https://www.elibrary.ru/bnnzes>

Об авторе:

Светлана Николаевна Травина – кандидат биологических наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-6986-6353>, SPIN-код: 8860-9465, автор для переписки, swetusic@mail.ru

About the Author:

Swetlana N. Travina – Cand. Sci. (Biology), Researcher, swetusic@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6986-6353>, SPIN-code: 8860-9465, Corresponding Author, swetusic@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-19-28>
УДК: 635.64:631.52(571.63)

Н.А. Синиченко^{1*}, Е.Г. Козарь²,
О.Н. Пышная², И.А. Ванюшкина¹

¹ Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (Приморская ООС – филиал ФГБНУ ФНЦО) 692779, Россия, Приморский край, г. Артем, с. Суражевка, ул. Кубанская, д. 57/1

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки: natsinichenko@mail.ru

Конфликт интересов. Пышная О.Н. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2008 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятие в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Вклад авторов: Синиченко Н.А.: проведение исследования, обработка и анализ экспериментальных данных, создание черновика рукописи. Козарь Е.Г.: концептуализация, обобщение полученных данных, написание и редактирование рукописи. Пышная О.Н.: научное руководство исследованием, редактирование рукописи. Ванюшкина И.А.: проведение полевых опытов по оценке устойчивости к болезням, обработка и анализ экспериментальных данных.

Для цитирования: Синиченко Н.А., Козарь Е.Г., Пышная О.Н., Ванюшкина И.А. Основные достижения и современные направления селекции томата на Приморской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО. *Овощи России*. 2025;(1):19-28. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-19-28>

Поступила в редакцию: 06.07.2024

Принята к печати: 28.10.2024

Опубликована: 28.12.2024

Natalya A. Sinichenko^{1*}, Elena G. Kozar²,
Olga N. Pishnaya², Irina A. Vanyushkina¹

¹ Primorskaya vegetable experimental station – branch of the Federal state budgetary scientific institution «Federal Scientific Vegetable Center» (PVES – branch of the FSBSI FSVC) 57/1, Kubanskaya st., Surazhevka, Artem, Primorsky kray, 6927792, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectsionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

*Correspondence Author: natsinichenko@mail.ru

Authors' Contribution: Sinichenko N.A.: conducting research, processing and analyzing experimental data, creating the initial text of the article. Kozar E.G.: conceptualization, generalization of the data obtained, writing and editing the text of the article. Pishnaya O.N.: scientific management of the research, editing of the manuscript. Vanyushkina I.A.: conducting field experiments to assess disease resistance, processing and analysis of experimental data.

Conflict of interest. Pishnaya O.N. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2008, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Sinichenko N.A., Kozar E.G., Pishnaya O.N., Vanyushkina I.A. Achievements and current trends in tomato breeding at the Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable Center. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):19-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-19-28>

Received: 06.07.2024

Accepted for publication: 29.10.2024

Published: 28.12.2024

Основные достижения и современные направления селекции томата на Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность и методология. Уникальные климатические условия Приморского края, определяющими факторами которого является его географическое положение на стыке материка Евразии и Тихого океана, что обуславливает основные направления ведения селекции овощных культур на Приморской овощной опытной станции (ПООС) – филиале ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО). Обзор основных достижений станции по селекции томата для открытого грунта показывает значимость и результативность исследований, цели и задачи дальнейшего развития этого направления в условиях юга Дальневосточного Приморья России.

Результаты. В результате многолетних исследований уточнена модель сорта томата универсального типа для открытого грунта с учетом требований современного рынка Приморского края: группа спелости – среднеранняя или среднеспелая, короткий период всходы-цветение; растение детерминантное, компактное со средней или высокой облиственностью и средним размером листьев; кисть – простая или промежуточная; плодоножка – без сочленения или с утолщением; плод – разной формы, массой 60-100 г, с содержанием сухого вещества не менее 5%, с равномерной окраской без пятна у плодоножки в молочной спелости и различной окраской в биологической; устойчивый к растрескиванию, вершинной гнили, с высокой лежкостью и транспортабельностью; резистентность – к резким перепадам температур, переувлажнению почвы, высоким температурам и влажности воздуха в период плодоношения, к болезням различной этиологии, в первую очередь, к альтернариозу и фитофторозу. Вследствие нарастания агрессивности и расширения видового состава возбудителей болезней приоритетным направлением является селекция на иммунитет. Ведется интенсивный поиск ценных источников и создание нового исходного материала на основе гибридизации, индивидуального и семейственного отборов из лучших сортовых и гибридных популяций. Перспективными являются сорта Фитилек и Эхо селекции ПООС (толерантные к альтернариозу), сорта Одиссей, Патрокл и Саммит (толерантные к фитофторозу), на базе которых создаются родительские линии. В селекционный процесс вовлечены наиболее адаптивные сорта открытого грунта селекции ФНЦО и источник групповой устойчивости к альтернариозу и фитофторозу – сорт Оттава 30.

Заключение. Создание адресных селекционных достижений позволит расширить сортимент и насытить овощной рынок этого экономически важного региона юга Дальневосточного Приморья отечественными сортами в рамках программы импортозамещения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

приморье, овощеводство, сорт, устойчивость, альтернариоз, фитофтороз

Achievements and current trends in tomato breeding at the Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal Scientific Vegetable Center

ABSTRACT

Relevance. The climatic conditions of the Primorsky Territory, the determining factors of which are its geographical location at the junction of the continent of Eurasia and the Pacific Ocean, are unique, which determines the main directions of breeding vegetable crops at the Primorskaya Vegetable Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Vegetable Center» (PVES – branch of the FSBSI FSVC). The article provides an overview of the main achievements of the station's scientists' long-term work on tomato breeding for open ground and identifies the main tasks for further development of this area in the conditions of the south of the Russian Far East.

Results. Based on the results of many years of research, the model of tomato variety of universal type for open ground was specified taking into account the requirements of the modern market of Primorsky Krai: ripeness group – medium-early or medium-ripening, short sprouting-flowering period; determinant plant, compact with medium or high foliage and medium-sized leaves (important for mechanized cultivation); brush – simple or intermediate; stalk – without articulation or with thickening (easy fruit detachment); fruit – of different shape, weight 60-100 g dry matter content not less than 5%, with uniform coloring without a spot at the stalk in milk ripeness and different coloring in biological ripeness, resistant to cracking, vertex rot, with high storability and transportability; resistance – to sudden temperature changes, soil overwatering, high temperatures and air humidity during the fruiting period, to diseases of various etiologies, primarily to *Alternaria* and *Phytophthora*. Since a significant factor in reducing the productivity of varieties are diseases (as a result of increasing aggressiveness and expansion of the species composition of pathogens), the priority at present is breeding for immunity. Within this framework, intensive search for valuable sources and creation of new source material based on hybridization, individual and family selection from the best varietal and hybrid populations is carried out. Among the achievements of breeding of PVES promising are varieties Fitelek and Echo (tolerant to *Alternaria*), varieties Odyssey, Patrokl and Summit (tolerant to *Phytophthora*), on the basis of which parental lines are created. The breeding process also involves the most adaptive open field varieties of FSVC selection and the source of group resistance to *Alternaria* and *Phytophthora* - variety Ottava 30.

Conclusion. Creation of targeted breeding achievements will allow to expand the variety range and saturate the vegetable market of this economically important region of the south of the Far East Primorye with domestic varieties within the framework of the import substitution program.

KEYWORDS:

Primorsky Krai, tomato, variety, stability, *Alternaria*, late blight

Введение

Томат – один из самых распространенных и любимых овощей на планете. Родиной томата по мнению многих авторов является побережье Южной Америки между горной цепью Анд и Тихого океана – современные территории Перу, Эквадора, Чили и Галапагосских островов [1,2]. В России томат, как пищевая культура, начал возделываться в середине восемнадцатого века, однако массовое распространение он получил только после 1917 года прошлого столетия [3]. В настоящее время томат возделывается во всех природно-климатических зонах страны. По данным FAOSTAT, в 2022 году в РФ было произведено 2,65 млн т томата при средней урожайности 33,8 т/га [4]. Однако высокая доля импорта указывает о недостаточном уровне самообеспеченности страны товарной продукцией этой культуры, которая в 2023 году была на уровне 65% [5]. Среди главных мировых поставщиков томата в Россию, таких как Турция, Азербайджан, Марокко и Иран, в последние годы существенно увеличил импорт плодов Китай. В 2023 году объем его поставок составил 44,8 тыс. т, что, по расчетам АБ-Центра, на 16,5 тыс. т (58,5%) больше, чем в 2022 году [6].

Основные производители томата в России находятся в Южном, Центральном и Приволжском регионах России. Приморский край, к сожалению, не входит в число лидеров по производству томата. Так, в 2022 году регион занял лишь 11 место по сборам плодов в открытом грунте, которые составили 1,3 тыс. т при средней урожайности 18,4 т/га. Тем не менее, по этим показателям Приморье опережает Хабаровский край, который оказался только на 20 месте при валовом сборе 0,3 тыс. т и урожайности 9,9 т/га [6]. Большая доля площадей в Приморском крае, занятых под томатом приходится на частный сектор [7]. Садоводы и огородники, в основном, выращивают высокорослые сорта, и большой популярностью продолжают пользоваться салатные сорта, такие как Бычье сердце, но в последнее время увеличивается спрос и на детерминантные сорта открытого грунта различного назначения (салатные, для консервирования, универсального типа).

Современные сорта и гибриды томата должны обладать стабильной урожайностью в годы с различными метеоусловиями, иметь высокое качество плодов, быть устойчивыми к болезням и вредителям [8,9]. Климатические условия Приморского края уникальные, определяющими факторами их формирования является географическое положение на стыке материка Евразии и Тихого океана, что определяет основные направления ведения селекции многих овощных культур. Климат Приморского края в целом характеризуется как умеренный, муссонный, влажный. Зима сухая, холодная с ясной погодой. Весна затяжная, прохладная, с частыми резкими колебаниями температуры. Лето тёплое и на вторую половину летних месяцев приходится максимум количества осадков из-за ежегодных муссонов, при повышенной температуре (20...25°C) и относительной влажности воздуха (90-100%). Осень сухая, с ясной погодой [10].

Условия и методы проведения исследований

Характерной особенностью климата юга Дальнего Востока является сезонное распределение осадков. За весь период вегетации выпадает до 90% от годовой суммы осадков и только 10% выпадает зимой в виде снега и дождя. Всего среднегодовое количество осадков в Приморском крае колеблется от 400 до 900 мм, в соседнем Хабаровском крае – от 500 до 800 мм и в Амурской области – от 300 до 600 мм. Необходимо подчеркнуть чрезвычайную неравномерность выпадения осадков по месяцам в течение вегетационного периода. Часто в первой половине июня наблюдается выпадение осадков сверх нормы с последующим двухнедельным засушливым периодом, что снижает приживаемость рассады в открытом грунте. С июля по сентябрь на территории края начинают властвовать циклоны и тайфуны, приходящие с юго-запада и юго-востока и приносящие длительные малоинтенсивные или обильные кратковременные дожди с сильным ветром и с суточным максимумом до 100 мм [11,12].

Что касается температурного режима, то из-за особенности географического расположения Приморья, можно отметить более низкую теплообеспеченность края в сравнении с регионами, расположенными на той же широте, например, Краснодарским краем. Сумма активных температур (выше 10°C) в Приморье по агроклиматическим зонам колеблется от 1800°C до 2200°C, в Хабаровском крае от 1600°C до 2400°C, в Амурской области от 1600°C до 2200°C. Это определило необходимость ведения селекции по теплолюбивым культурам в первую очередь в направлении холодоустойчивости и раннеспелости, устойчивости к засушливым периодам и длительному переувлажнению почвы в период муссонов [13].

Для решения этой проблемы на территории Артемовского округа была создана Приморская овощная опытная станция (ПООС) – филиал ФГБНУ ФНЦО, история которой начинается с образования в 1980 году Дальневосточного опорного пункта ВНИИ овощного хозяйства. Климатические условия округа характеризуются наиболее ярко выраженным муссонным климатом, с чертами континентального [14,15]. Стрессовые условия муссонного климата обеспечивают высокую напряженность отбора наиболее устойчивых форм к абиотическим и биотическим факторам, в связи с чем, ее расположение географически было выбрано удачно. В данном обзоре мы обобщили основные достижения многолетней работы селекционеров станции в рамках зональной селекции томата, представили краткую характеристику хозяйственно ценных признаков уже созданных сортов, обозначили основные проблемы сегодняшнего дня, направления и перспективы дальнейшей работы с этой культурой.

Селекционная работа с культурой томата на станции началась в 1990 году и к настоящему времени созданы, и районированы одиннадцать сортов томата для открытого грунта, адаптированных к агроклиматическим условиям Приморского края и вошедшие в основную топ сортов, востребованных фермерами и овощеводами-любителями этого региона.

Результаты и их обсуждение

Первый сорт томата Эхо был выведен методом индивидуального отбора устойчивых форм из иностранного образца Enza (Конго) талантливыми учеными Е.А. Хихлухой и А.С. Корниловым в 1994 году [16]. При государственном сортоиспытании сорт показал высокую устойчивость к основным болезням, но из-за мелкоплодности уступил стандарту по урожайности и, к сожалению, был снят с испытания. Тем не менее, благодаря своей высокой товарности этот сорт до сих пор остается ценным источником важных селекционных признаков.

Дальнейшая селекционная работа на Приморской станции привела к созданию сорта томата Одиссей (авторы Е.А. Хихлуха, А.С. Корнилов, Л.И. Еремеева, Г.Г. Натурина) [17], выведенный методом индивидуального и семейственного отбора из коммерческого гибрида США. Сорт в 2002 году был передан на государственное испытание и в 2004 году включен в Госреестр РФ. В 2008 году были включены в Госреестр РФ сорта томата Приморец, Топтыжка и Уссуриец, созданные на основе местной популяции из с. Синилровка Октябрьского района (авторы Е.А. Хихлуха, А.С.

Корнилов, В.П. Федяй, К.О. Горбунова) [18]. В 2013 году были районированы сорта Аскольд, Дерсу, Посьет, Саммит (авторы Е.А. Хихлуха, Р.Х. Беков, К.О. Зажерило, В.М. Югай, А.С. Корнилов, С.А. Зубаков) [19]. В 2015 году в Госреестр РФ был включен сорт Патрокл (авторы Е.А. Хихлуха, К.О. Зажерило, В.М. Югай). В 2021 году был передан на государственное сортоиспытание, а в 2022 году был включен в государственный реестр Российской Федерации новый сорт томата Фитилёк, созданный на основе индивидуального отбора из гибридной комбинации сорта Волгоградец x Местный образец.

Созданные сорта Приморской ООС отличаются своими характеристиками и способны удовлетворить все запросы потребителя по окраске и форме плода, предназначены для различных направлений использования – салатный, консервный и универсальный тип назначения, и позволяют обеспечить поступление популярных овощей к столу с середины лета до поздней осени (табл. 1). При этом многие сорта обладают высокой лежкостью, хорошей транспортабельностью и характеризуются легким отделением плода от плодоножки.

Таблица 1. Характеристика сортов селекции ПООС ФГБНУ ФНЦО по основным морфологическим и хозяйственно ценным признакам
Table 1. Characteristics of the varieties of breeding of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Federation by the main morphological and economically valuable characteristics

СОРТ		Скороспелость, сутки	Габитус растения			Лист			Плод			Урожайность, т/га		Товарность, %
Название	Год создания		тип роста	высота	облиственность	окраска	размер	тип	масса, г	окраска	форма	средняя	диапазон	
Салатное назначение														
Дерсу	2013	98-103	штамб.	45-60	средняя	т-зел.	средн.	гофрир.	50-85	красная	плоско-округлая	25,4	18-37	78
Аскольд	2013	110-115	детерм.	30-40	высокая	т-зел.	средн.	обыкн.	50-95	красная	плоско-округлая	25,1	10-32	80
Уссуриец	2008	110-115	детерм.	70-90	средняя	зел.	средн.	обыкн.	до 160	красная	плоско-округлая	29,2	13-45	85
Топтыжка	2008	110-115	штамб.	60-100	высокая	т-зел.	крупн.	картоф.	до 150	розовая	округлая	26,3	18-52	85
Для консервирования														
Одиссей	2002	110-115	детерм.	45-55	средняя	т-зел.	средн.	гофрир.	40-60	красная	кубовидная	29,5	16-68	89
Патрокл	2015	105-115	детерм.	65-90	средняя	зел.	крупн.	обыкн.	50-80	красная	кубовидная	28,6	14-31	80
Дефриз	2015	115-125	детерм.	70-90	средняя	т-зел.	крупн.	обыкн.	85-120	красная	кубовидная	27,8	15-32	85
Универсальный тип														
Приморец	2008	95-100	детерм.	70-90	средняя	зел.	средн.	обыкн.	50-81	красная	плоско-округлая	28,4	18-57	80
Посьет	2013	105-110	штамб.	60-100	высокая	т-зел.	средн.	гофрир.	50-60	красная	цилиндр	28,0	17-48	78
Саммит	2013	105-110	детерм.	80-100	высокая	зел.	крупн.	обыкн.	40-60	розовая	цилиндр	30,1	9-32	85
Фитилёк	2021	110-115	детерм.	70-100	средняя	зел.	средн.	обыкн.	30-60	оранжевая	цилиндр	31,5	15-60	90
Эхо	1994	105-110	детерм.	70-100	средняя	зел.	средн.	обыкн.	30-60	красная	цилиндр.	31,2	25-66	90

Примечания: штамб. - штамбовый, детерм. - детерминант, т-зел. - темно-зеленый, средн. - средний, крупн. - крупный, гофрир. - гофрированный, обыкн. - обыкновенный, картоф. - картофельный

По сроку созревания большинство сортов относится к среднеспелой группе, вегетационный период от полных всходов до начала созревания составляет от 105 до 115 суток. Раннеспелыми являются только два сорта Дерсу и Приморец (95-105 суток), а позднеспелым – сорт Де-фриз, консервного назначения. По типу роста растений все образцы являются детерминантными, при этом сорта Посьет, Дерсу и Топтыжка являются штамбовыми, с ограниченным числом пасынков. Высота растений большинства сортов находится в пределах 60-100 см, к низкорослым относятся салатные сорта Дерсу, Аскольд и сорт Одиссей консервного типа (30-60 см). Облиственность от средней до высокой, по окраске листьев сорта разделились поровну – на зеленые и темно-зеленые, а по размеру преобладают сорта с листьями средних размеров (табл. 1).

Кубовидная форма плода характерна для группы сортов консервного назначения, плоскоокруглая форма – преобладает в салатной группе, а большинство сортов в группе универсального назначения имеют цилиндрическую форму. Масса плодов крупноплодных сортов Топтыжка и Уссуриец салатной группы достигают 150-160 г соответственно, у остальных сортов плоды среднего размера от 50 до 95 г. Основная часть сортов имеет красную окраску плода, сорта Топтыжка, Саммит – розовую, а сорт Фитилек – оранжевую.

Средняя товарная урожайность всех сортов находится в диапазоне от 25,4 и 31,5 т/га, где наименее урожайными являются сорта, относящиеся к салатному типу: Дерсу, Аскольд и Топтыжка, а наиболее урожайными – сорта Саммит, Фитилек, Эхо и Одиссей, относящиеся к консервному и универсальному типу назначения. При этом сорта Дерсу, Посьет, Патрокл, Аскольд и Приморец характеризуются пониженной товарностью плодов, в среднем 78-80%. У остальных сортов товарность плодов составляет от 85% до 90%. По транспортабельности и лежкости плоды всех сортов хорошо переносят транспортировку и довольно долго сохраняют свои эстетические качества, за исключением сортов Уссуриец и Топтыжка из салатной группы, плоды которых желательно употребить в течение трех-пяти суток после сбора.

Особенностью всех созданных сортов является высокая стрессоустойчивость растений к длительному переувлажнению почвы в период действия муссонов и тайфунов, к высоким дневным температурам, относительная устойчивость к растрескиванию плодов и солнечной инсталляции, за исключением сортов Дерсу, Посьет, Топтыжка и Уссуриец, у которых плоды подвержены солнечным ожогам. В засушливые годы при скудной влагообеспеченности, особенно в период образования плодов, встречается вершинная гниль плодов. На вершине плода появляется небольшое обесцвеченное пятно, затем оно темнеет и увеличивается, поверхность пораженной ткани становится слегка вдавленной [20]. Вершинная гниль чаще проявляется у сортов Посьет, Саммит, Фитилек и Эхо, имеющих цилиндрическую форму и относящихся к универсальному типу, что приводит к снижению их продуктивности и товарности (табл. 2).

Другим важным фактором, влияющим на реализацию продуктивного потенциала сортов и качество пло-

дов, являются болезни, среди которых наибольший ущерб наносит поражение вегетативной массы альтернариозом и септориозом, а также спорадические эпифитотии фитофтороза [20,21,22,23].

Альтернариоз на культуре томата в Приморском крае регистрируется ежегодно, вызывая быстро развивающуюся радиальную пятнистость и хлороз листьев, что снижает их фотосинтетическую активность. Его возбудителями являются крупноспоровые специализированные виды *A. solani* Z.R. Zones и *A. linariae* (Neergaard) Simmons [24], вредоносность которых усиливается в присутствии других мелкоспоровых видов *A. alternata*, *A. infectoria*, *A. arborescens*, *A. tenuissima*. [25]. В жаркие и засушливые годы с редкими осадками болезнь быстро развивается и приводит к снижению урожая на 30% и более [20].

Фитофтороз (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) в Приморье также является вредоносным заболеванием. Потери урожая от фитофтороза достигают 50% и более в годы эпифитотий. Так, сильная ранняя вспышка болезни в 2019 и 2023 годах уничтожила 80-90% плодов уже на стадии начала созревания. Значительный вред этот возбудитель наносит и после сбора плодов, повреждая их при хранении и дозаривании, также поражает и семенной материал, снижая его посевные качества [26].

Септориоз (возбудитель – *Septoria lycopersici* Speg.) поражает в основном листья. Симптомом болезни являются округлые белесые пятна с темным ободком, на которых разбросаны мелкие черные пикниды. Особенно подвержены болезни старые листья. Септориоз в Приморье встречается на томате практически ежегодно, как и альтернариоз, но его развитие не носит массового характера, поэтому вредоносность незначительна [27,20]. По многолетним данным, все созданные сорта селекции станции, являются относительно устойчивыми к септориозу за исключением сорта Посьет. В отношении альтернариоза толерантность проявляют сорта Топтыжка, Фитилек и Эхо, к фитофторозу – сорта Одиссей, Патрокл и Саммит (табл. 2).

Важной характеристикой любого сорта является оценка его экологической стабильности и пластичности в рамках реализации их продуктивного потенциала в различных условиях возделывания, как непосредственно в регионе их создания, так и в других эколого-географических зонах [28,29]. По данным испытаний в конкурсном питомнике станции в различные по своим погодным условиям годы было выявлено, что сорта Уссуриец и Саммит можно отнести к сортам интенсивного типа, к пластичным сортам - Приморец, Одиссей, Посьет, Аскольд и Дерсу. Относительно стабильным по общей урожайности оказался сорт Посьет, к средне стабильным были отнесены сорта Одиссей и Уссуриец, а низкой стабильностью отличались сорта Приморец, Аскольд, Дерсу и Саммит. Наиболее ценным по ряду признаков был сорт Посьет [30].

В 2021-2022 годах были проведены более широкие экологические испытания в контрастных по своим агро-климатическим условиям географических зонах (с. Суражевка – Приморский край, с. Восточное – Хабаровский край и пос. ВНИИССОК – Московская область). В работу было включено семь наиболее вос-

Таблица 2. Характеристика сортов селекции ПООС ФГБНУ ФНЦО по стрессоустойчивости к неблагоприятным факторам среды, транспортабельности и лежкости плодов
 Table 2. Characteristics of the varieties of selection of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Federation for stress resistance to adverse environmental factors, transportability and fruit keeping

Сорт	Группа устойчивости к факторам									
	переувлажнение почвы	высокая инсоляция	жаростойкость	растрескивание плодов	вершинная гниль	альтернариоз	фитофтороз	септориоз	транспортабельность	лежкость
Салатное назначение										
Дерсу	у	н/у	у	у	у	н/у	н/у	т	у	у
Аскольд	у	у	у	у	у	н/у	н/у	т	у	у
Уссуриец	у	н/у	у	у	у	н/у	н/у	т	н/у	н/у
Топтыжка	у	н/у	у	у	у	т	н/у	т	н/у	н/у
Для консервирования										
Одиссей	у	у	у	у	у	н/у	т	у	у	у
Патрокл	у	у	у	у	у	н/у	т	т	у	у
Дефриз	у	у	у	у	у	н/у	н/у	т	у	у
Универсальный тип										
Приморец	у	у	у	у	у	н/у	н/у	т	у	у
Посъет	у	н/у	у	у	н/у	н/у	н/у	н/у	у	у
Саммит	у	у	у	у	н/у	н/у	т	т	у	у
Фитилёк	у	у	у	у	н/у	т	н/у	т	у	у
Эхо	у	у	у	у	н/у	т	н/у	т	у	у

Примечания: у – устойчив, н/у – не устойчив, т-толерантен.

требуемых сортов из разных групп спелости и направлений использования. Как видно на рисунке 1, урожайность плодов у сортов значительно варьировала в зависимости от года и региона выращивания. Наиболее полно сорта смогли реализовать свой продуктивный потенциал в 2021 году в Приморье. Общая урожайность составила 31-58 т/га, тогда как в других регионах она была существенно ниже.

Расчет показателей эколого-географической адаптивности по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [31,32,33] выявил более существенные сор-

товые различия по товарной, чем по общей урожайности (табл.3). Значение параметра экологической изменчивости (S_{gi}) в изучаемой группе сортов варьирует в широком диапазоне. Наиболее стабильно завязывал плоды в разных зонах выращивания низкоурожайный сорт Патрокл ($S_{gi}=16,8\%$), а по стабильности выхода товарного урожая – сорт Саммит ($S_{gi}=17,2\%$). По параметру отзывчивости (b_i), отражающей реакцию генотипа на улучшение условий среды, сорта Посъет, Фитилек, Саммит, и Патрокл по общей урожайности показывают значения меньше единицы, т.е. менее чув-

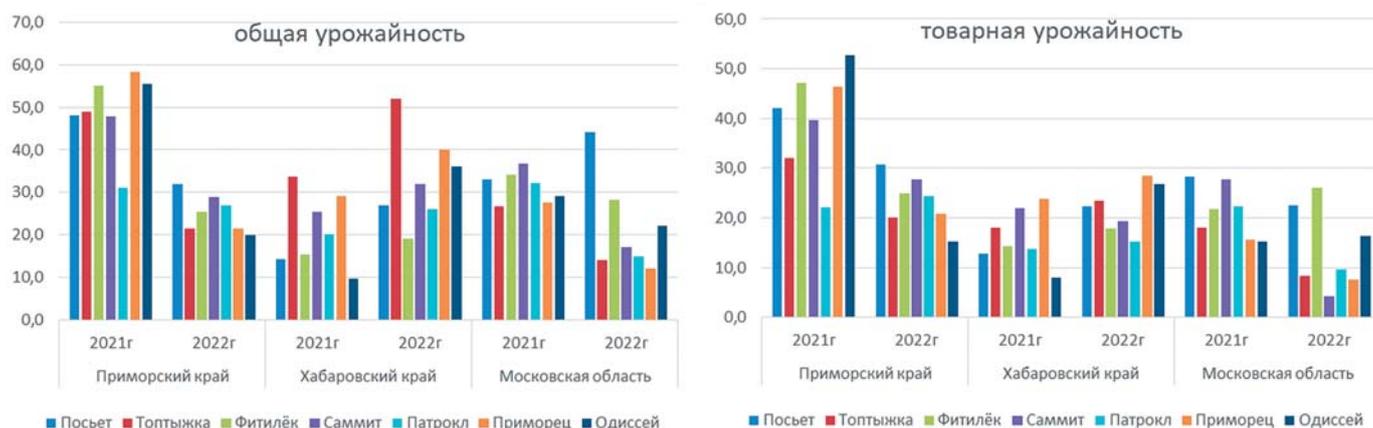


Рис. 1. Урожайность сортов селекции ПООС ФГБНУ ФНЦО в разных эколого-географических зонах (2021-2022 годы)
 Fig. 1. Yield of varieties of breeding of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Federation in different ecological and geographical zones (2021-2022)

Таблица 3. Параметры эколого-географической адаптивности сортов томата селекции ПООС ФГБНУ ФНЦО по общей и товарной урожайности плодов в разных зонах возделывания (Приморский край, Хабаровский край и Московская область, 2021-2022 годы)

Table 3. Parameters of the ecological and geographical adaptability of tomato varieties selected by the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Federation for the total and commercial yield of fruits in different cultivation zones (Primorsky Krai, Khabarovsk Krai and Moscow Region, 2021-2022)

	Х, т/га		ОАС _г		S _г %		b _i		СЦГ _i	
	общая	товарная	общая	товарная	общая	товарная	общая	товарная	общая	товарная
Посъет	33,1	26,5	2,8	5,0	33,3	33,6	0,6	1,3	18,7	15,9
Топтыжка	32,8	20,0	-0,8	-1,5	43,6	32,4	1,0	1,1	14,1	12,3
Фитилёк	29,5	25,4	2,5	3,9	44,9	42,4	0,9	1,3	19,2	12,6
Саммит	31,4	22,8	1,1	1,4	29,1	17,2	0,9	1,5	19,5	10,0
Патрокл	25,2	17,9	-5,1	-3,6	16,8	22,5	0,5	0,6	14,7	13,1
Приморец	31,4	16,4	1,2	-5,1	48,5	55,7	1,4	1,6	11,6	5,6
Одиссей	28,7	21,3	-1,6	-0,1	52,1	60,9	1,5	1,7	9,2	5,9

ствительны к изменениям условий среды, тогда как по товарной урожайности – только сорт Патрокл. Остальные сорта по товарной урожайности являются высоко отзывчивыми и, как продуктивные, лучше себя проявляют в благоприятные годы в Приморском крае. По общей адаптивной способности (ОАС_г) по анализируемым признакам выделились сорта Посъет и Фитилек (табл. 3).

Важным критерием адаптивности сорта по сочетанию урожайности и стабильности является селекционная ценность генотипа (СЦГ_i), что определяет пластичность сорта и его пригодность для районирования в разных экологических зонах. Известно, что в зонах рискованного земледелия следует отдавать предпочтение высокоадаптивным сортам. Такие сорта, как правило, характеризуются высокими значениями параметра СЦГ_i, параметром отзывчивости $b_i < 1$ и средним уровнем урожайности. С этой точки зрения наибольший интерес представляют сорта Посъет, Фитилек и Саммит, в том числе и как источники экологической стабильности при селекции на адаптивность. Наименее пластичны к изменениям условий выращивания оказались сорта Приморец и Одиссей, продуктивный потенциал которых в полной мере реализуется в условиях зоны их создания.

По такому показателю, как товарность, по всем параметрам адаптивности выделяется только новый среднеспелый оранжевоплодный сорт Фитилек универсального назначения, который подходит для цельноплодного консервирования, а также для детского и диетического питания из-за высокого содержания β-каротина и низкого – ликопина [34]. Сорт обладает относительной устойчивостью к стрессовым факторам среды и достаточно высоким продуктивным потенциалом (табл. 1, 2).

В результате анализа всей совокупности многолетнего изучения созданных и аборигенных сортов, различного селекционного материала была уточнена модель сорта томата универсального типа для открытого грунта Приморского края по основным целевым селекционными хозяйственно ценным признакам с учетом требований современного рынка данного региона:

- *группа спелости* – среднеранняя или среднеспелая, растения должны обладать быстрыми темпами развития в период от всходов до цветения;

- *габитус растения* – детерминантный, компактный до начала созревания плодов, со средней или высокой облиственностью и средним размером листьев, что обеспечивает его пригодность к механизированным междурядным обработкам;

- *кисть* – простая или промежуточного типа;

- *плодоножка* – без сочленения или с утолщением (легкий отрыв плода);

- *плод* – в молочной спелости равномерная окраска без зеленого пятна у плодоножки, в биологической спелости интенсивно красная, темно-красная, малиновая, оранжево-желтая с плотной кожицей и плотными стенками, массой 80-100 г и содержанием сухого вещества не менее 5%, устойчивый к растрескиванию, вершинной гнили, с высокой лежкостью и транспортабельностью;

- *устойчивость* к резким перепадам температур в ранний период, переувлажнению почвы, высоким температурам и влажности воздуха в период плодоношения и созревания плодов;

- *толерантность* к болезням различной этиологии в процессе всей вегетации и, в первую очередь, к альтернариозу и фитофторозу.

Селекционная работа с культурой томата в данном направлении на станции продолжается. Поскольку существенным фактором снижения продуктивности сортов являются болезни (в результате нарастания агрессивности и расширения видового состава возбудителей), то приоритетным направлением в настоящее время является селекция на устойчивость к болезням. В рамках этого ведется интенсивный поиск ценных источников и создание нового исходного материала на основе гибридизации, индивидуального и семейственного отборов из лучших сортовых и гибридных популяций с целью объединения в одном генотипе устойчивости к альтернариозу и фитофторозу, поскольку именно эти болезни являются в условиях Приморского края первопричиной снижения продуктивности растений и

качества плодов [26]. Среди сортов селекции ПООС наиболее перспективными являются сорта Фитилек и Эхо (толерантные к альтернариозу), сорта Одиссей, Патрокл и Саммит (толерантные к фитофторозу), на базе которых создаются родительские линии.

Для поиска новых источников устойчивости и других селекционно ценных признаков на станции ежегодно изучается широкий сортимент коллекционного материала. Выращивание сортов и гибридов в новой эколого-географической нише, агроклиматические факторы которой резко отличаются от таковых в зонах их создания, по сути, сопоставим с процессом интродукции [2,35]. Не все высокопродуктивные и устойчивые к болезням по данным оригинаторов сорта и гибриды, при переносе в новые для них условия способны реализовать свой продуктивный и адаптивный потенциал, в том числе и устойчивость к аборигенным расам возбудителей. Изучение реакции генотипа на факторы внешней среды, является основным критерием поиска и отбора источников с необходимым набором признаков для новой зоны [36,37].

За последние пять лет на станции в коллекционном питомнике было оценено около 500 образцов томата различного эколого-географического происхождения [38]. Выделены перспективные образцы, стабильно в разные годы, проявившие толерантность к альтернариозу – раннеспелый сорт Жженный сахар и сорта из позднеспелой группы Мясистый сахарный, Вишня красная и Дюймовочка; к фитофторозу – среднеспелый сорт Санька. Эти сорта также сочетают в себе комплекс и других целевых селекционных признаков (растрескиваемость плодов, товарность плода, окраска плода, масса плода, потенциал продуктивности). Относительную устойчивость к альтернариозу показали также сорта Монгольский карлик, Косарь и гибрид Терек F₁. В качестве исходного материала можно рекомендовать сорт Красный трюфель, гибриды K-4466 F₁ и Sultan F₁, сочетающие высокую товарную урожайность и относительную устойчивость к альтернариозу. Выделившиеся образцы характеризуются детерминантным строением растений, универсальным



F₃ Чаровница x Оттава
(плоды оранжево-красные, округлые,
массой 40-50 г)



F₃ Грот x Оттава
(плоды красные, овальные
массой 50-70 г)



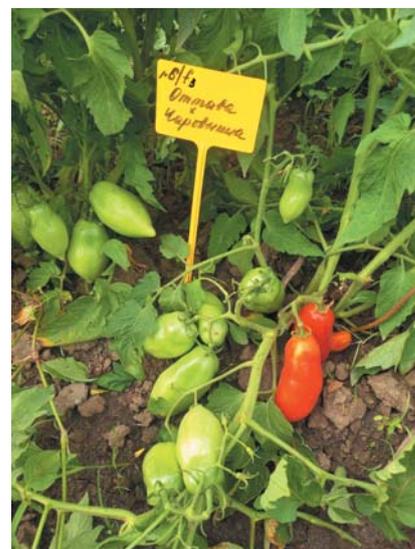
F₃ Оттава x Фитилек
(плоды ярко оранжевые, округлые
массой до 30-40 г)



F₃ Чаровница x Фитилёк
(плоды округлые, оранжевые,
массой 60-80 г)



F₃ Оттава x Лотос
(плоды розовые, плоско-округлые,
массой 40-50 г)



F₃ Оттава x Чаровница
плоды цилиндрические красные,
с носиком, массой до 80 г)

Рис. 2. Выделившиеся семьи F₃ из гибридных комбинаций
Fig. 2. Distinguished families F₃ from hybrid combinations

назначением использования и относятся к среднеспелой группе созревания. В качестве источника групповой устойчивости к этим болезням можно отметить только мелкоплодный индетерминантный сорт Оттава 30 [38].

Среди сортов селекции головной организации ФГБНУ ФНЦО (Московская область), после трехлетнего экологического испытания в условиях Приморья, в работу по созданию нового исходного материала были отобраны сорта томата открытого грунта – Благодатный, Росинка, Чаровница, Грот и Лотос с различной формой и окраской плода. Они имели относительно высокую продуктивность, толерантность к фитофторозу, но проявили различную устойчивость к альтернариозу [39]. Выделенные образцы, включая Оттаву 30, были использованы в гибридизации в сочетании с сортами приморской селекции по схеме диаллельных скрещиваний.

В настоящее время изучается третье поколение индивидуальных отборов из потомства гибридных комбинаций, обладающих новым сочетанием целевых признаков, в том числе и групповой толерантностью к альтернариозу и фитофторозу. Среди них особого внимания заслуживают семьи из гибридных комбинаций, представленных на рисунке 2, между сортом Оттава 30 и сортами Фитилек, Грот, Чаровница и Лотос, а среди других перспективных гибридных образцов выделяется комбинация Чаровница x Фитилек. На фоне эпифитотийного развития патогенов в 2023-2024 годах из популяций этих семей выделены наиболее ценные генотипы, которые в дальнейшем будут испытаны в контрастных условиях двух агроклиматических зон – Приморский край и Московская область. Это позволит оценить их адаптивный и репродуктивный потенциал, устойчивость к комплексу болезней, выделить экологически пластичные новые формы томата с комплексом адресных признаков для каждой зоны возделывания и использовать в качестве нового исходного материала для селекции на иммунитет.

Заключение

Таким образом, в результате исследований определены приоритетные направления селекции томата для открытого грунта Приморского края, уточнена модель сорта универсального типа по основным хозяйственно ценным признакам с учетом требований современного рынка данного региона, что является научной новизной. В результате фитопатологической оценки на естественном инфекционном фоне в коллекционном питомнике по комплексу хозяйственно важных признаков выделены перспективные образцы: сорт Красный трюфель, гибриды K-4466 F₁ и Sultan F₁. В селекционный процесс создания нового устойчивого к болезням исходного материала и на его основе будущих сортов и гибридов для юга Дальневосточного Приморья вовлечены наиболее адаптивные сорта открытого грунта селекции ФНЦО, а также источник групповой устойчивости к альтернариозу и фитофторозу – сорт Оттава 30. Создание адресных селекционных достижений позволит расширить сортимент и насытить овощной рынок этого экономически важного региона отечественными сортами в рамках программы импортозамещения.

Важно также отметить, что кроме большой селекционной работы, на станции в течение последних восьми лет активно ведется разработка эффективных мер защиты томата от болезней в условиях муссонного климата Приморья. Изучение активности набора фунгицидов нового поколения с различным спектром действия, позволило выделить наиболее перспективные препараты: это Орвего против фитофтороза и Сигнум против альтернариоза. Введение этих двух фунгицидов в баковую смесь приводит к повышению биологической и экономической эффективности защитных мероприятий в борьбе с этими болезнями томата, по сравнению со стандартом – фунгицидом Акробат МЦ [40,26]. Начаты также испытания и био-препаратов различной природы для изучения перспектив их включения в интегрированную защиту этой культуры, особенно в рамках разработки сортовых технологий возделывания на товарную продукцию и семеноводство новых и создаваемых сортов томата селекции ПООС [41].

• Литература

1. Гавриш С.Ф. 100 лет селекции томата для защищенного грунта России 1920-2020. Москва, 2024. 400 с.
2. Godfrey E. Introduction: Tomatoes and Cucumbers. In: Godfrey, E. (eds) *Utopias and Dystopias in the Fiction of H.G. Wells and William Morris*. Palgrave Macmillan, London. 2016. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52340-2_1
3. Брежнев Д.Д. Томаты. Ленинград, 1964.
4. Енгальчев М.Р., Джос Е.А., Матюкина А.А., Вербя О.В., Демиденко Е.В., Соснов В.С., Рубцов А.А. Селекция томата для открытого грунта юга России. *Овощи России*. 2024;(2):5-11. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-5-11> <https://www.elibrary.ru/apghyx>
5. В России после введения санкций активно наращивают производство помидоров и продукции из них. URL.: <https://runews24.ru/economy/02/08/2024/v-rossii-posle-vedeniya-sankcij-aktivno-narashhivayut-proizvodstvo-pomidorov-i-produkczii-iz-nix>
6. Маркетинговое исследование российского рынка овощей защищенного грунта (огурцы, помидоры) (2012-2023, прогноз на 2024 г.). URL.: <https://ab-centre.ru/dbase/marketingovoe-issledovanie-rossiyskogo-rynka-ovoschey-zaschischennogo-grunta-ogurcy-pomidoroy-2023>
7. Сакара Н.А., Золдатенко А.В., Пивоваров В.Ф., Сухомиров Г.И., Тарасова Т.С., Ознобихин В.И. Основные проблемы дальневосточного овощеводства. *Овощи России*. 2020;(6):3-9.

- <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9> <https://elibrary.ru/vdwoqq>
8. Кузьмицкая Г.А., Шестопалова Г.Е. Особенности селекции томата в Приамурье. Итоги и перспективы. *Овощи России*. 2021;(4):48-52. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-48-52> <https://elibrary.ru/efrknf>
 9. Козлова И.В. Новый среднеспелый сорт томата Виктор. *Рисоводство*. 2022;(3):82-87. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-56-3-82-87> <https://elibrary.ru/borgal>
 10. Климат. Приморский край. <https://www.nbcrs.org/regions/primorskiy-kray/klimat>
 11. Методики селекционных работ до 2010 г. по созданию высокопродуктивных, комплексно-ценных сортов зерновых, сои, многолетних трав, картофеля, овощей и плодово-ягодных культур в зоне Дальнего Востока. ВАСХНИЛ. Сиб.отделение.ДальНИИСХ. Дальневосточный селекцентр. Новосибирск, 1990. 208 с.
 12. Справочник по климату СССР, вып.26. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Приморский край, часть 4. Л., Гидрометеоиздат, 1968. 239 с.
 13. Корнилов А.С. Селекция и семеноводство овощных культур на юге Дальнего Востока. Артем, 2008.
 14. Колодкин В.Г., Сакара Н.А. Роль Приморской овощной опытной станции в развитии овощеводства ДВФО и задачи по научному обеспечению отрасли в 2013-2020 г.г. Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства и картофелеводства. Артем, 2013.

15. Леунов В.И., Михеев Ю.Г. Столовые корнеплоды на юге Дальнего Востока. Владивосток, 2010. 179 с. <https://www.elibrary.ru/vnniaj>
16. Корнилов А.С. Направление и результаты селекции овощных культур на Дальнем Востоке. Исследования в области овощеводства Приморского края-итоги и перспективы: Материалы научно-практической конференции, посвященной 10-летию Приморской овощной опытной станции. Артем, 1998. С.19-25.
17. Хихлуха Е.А. Новые сорта пасленовых овощных полуинтенсивного типа и перспективы их использования в сельскохозяйственном производстве и консервной промышленности. Проблемы производства сельскохозяйственной продукции на Дальнем Востоке. Благовещенск, 2002. С.38-46.
18. Официальный бюллетень ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» при Минсельхозе России. 2005;(4):237-320.
19. Хихлуха Е.А. Новые сорта томата. Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства и картофелеводства. Артем, 2013. 120 с.
20. Золотарева Е.В. Вредители и болезни овощных культур Дальнего Востока. Хабаровск, 2006. 60 с.
21. Naveri N., Anjaneya Reddy B., Thulasiram K. Management of tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(5):3398-3401.
22. Жихарева Е.О., Бабакова А.С. Болезни томата (*Solanum lycopersicum*) в аридных условиях. Аграрная наука и образование: проблемы, перспективы и инновации : сборник материалов Всероссийской научно-практической онлайн-конференции, Астрахань, 20 ноября 2020 года. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2020. С. 39-40. <https://www.elibrary.ru/ibxrgy>
23. Багирова С.Ф., Горшкова Н.С., Игнатова С.И. Фитофторозы томата: диагностика, определение видов-возбудителей, оценка устойчивости растений, доноры устойчивости. МГУ им. Ломоносова, ВНИИО овощеводства. М., 1999. 32 с.
24. Орина А.С., Ганнибал Ф.Б., Левитин М.М. Видовое разнообразие, биологические особенности и география грибов рода *Alternaria*, ассоциированных с растениями семейства *Solanaceae*. *Микология и фитопатология*. 2010;44(2):150-159. <https://www.elibrary.ru/ojarbn>
25. Chaerani R., Voorrips R.E. Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *J. Gen. Plant Pathol*. 2006;(72):335-347. <https://doi.org/10.1007/s10327-006-0299-3>
26. Ванюшкина И.А., Кушнарева Н.П. Защита томата от болезней при выращивании в открытом грунте в условиях Приморского края. *Овощи России*. 2020;(2):91-94. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-91-94> <https://www.elibrary.ru/rbzxr>
27. Гнutowa P.В., Золотарева Е.В. Болезни овощных культур и картофеля на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2011. 169 с. ISBN 978-5-8044-1259-4. <https://www.elibrary.ru/qlctdn>
28. Кузьмицкая Г.А., Кулякина Н.В., Агеева О.Ю. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности перспективных сортов-образцов томата в условиях зоны рискованного земледелия Хабаровского края. *Агронаука*. 2023;1(4):43. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-1-4-42-50> <https://www.elibrary.ru/yqsfsf>
29. Скорина В.В., Мусаев Ф.Б. Среда как фон для отбора в селекции овощных культур. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2014;(45):485-495. <https://www.elibrary.ru/ukeqjf>
30. Синиченко Н.А. Оценка сортов томатов селекции Приморской овощной станции на экологическую пластичность и стабильность. Сборник научных статей по материалам научно-практической конференции «Состояние и перспективы селекции и семеноводства основных сельскохозяйственных культур». Уссурийск. 2020. С. 56-60. <https://www.elibrary.ru/asyzjr>
31. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. *Генетика*. 1985;21(9):1481-1490. <https://www.elibrary.ru/xiwujj>
32. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Генотип и среда в селекции растений. Ин-т генетики и цитологии АН БССР. Минск. Наука и техника, 1989. 191 с.
33. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск. Технология, 1997. 372 с.
34. Синиченко Н.А., Ванюшкина И.А., Хихлуха Е.А. Сорт томата Фитилёк – новинка дальневосточной селекции. Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: Материалы V Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. С.200-205. <https://www.elibrary.ru/aivflg>
35. Краснова Л.И., Мордвинцев М.П. Селекция растений и семеноводство: учебное пособие для обучения бакалавров направления подготовки 110400.62 «Агрономия» и 35.03.04 «Агрономия», Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2016. С. 152.
36. Mrema E.J., Kagimbo F.M., Lobulu J., Bagarama F.M. Yield and Adaptability Evaluation of Newly Introduced Tomato (*Solanum lycopersicum*) Varieties in Tabora Region. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*. 2014;13(1):67-73.
37. Мухортова Т.В., Мягкова, Петров Е.Н. Особенности изучения адаптивности томатов при их интродукции в аридных Е.Г. условиях северо-западного Прикаспия. *Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019;1(53):89-96. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-11> <https://www.elibrary.ru/nxrmfk>
38. Синиченко Н.А., Ванюшкина И.А. Оценка образцов коллекционного питомника томата на устойчивость к альтернариозу в условиях Приморского края. *Известия ФНЦО*. 2021;(3-4):57-63. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2021-3-4-57-63> <https://www.elibrary.ru/jrohxx>
39. Кондратьева И.Ю. Частная селекция томата. М., 2010. ISBN 978-5-901695-38-8. <https://www.elibrary.ru/qlbhtz>
40. Ванюшкина И.А., Синиченко Н.А., Козарь Е.Г. Применение системы фунгицидов на томате в условиях открытого грунта Приморского края. *Овощи России*. 2023;(6):101-107. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-101-107> <https://www.elibrary.ru/btftyf>
41. Синиченко Н.А., Ванюшкина И.А., Козарь Е.Г., Маркарова М.Ю. Влияние биопрепаратов различной природы на развитие альтернариоза и урожайность растений томата в условиях Приморского края. *Известия ФНЦО*. 2023;(1):25-31. DOI 10.18619/2658-4832-2023-1-25-31. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2023-1-25-31> <https://www.elibrary.ru/wovluf>

• References

- Gavriš S.F. 100 years of tomato breeding for protected ground in Russia 1920-2020. Moscow, 2024. 400 p. (In Russ.)
- Godfrey E. Introduction: Tomatoes and Cucumbers. In: Godfrey, E. (eds) *Utopias and Dystopias in the Fiction of H.G. Wells and William Morris*. Palgrave Macmillan, London. 2016. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52340-2_1
- Brezhnev D.D. Tomatoes. Leningrad, 1964. (In Russ.)
- Engalychev M.R., Dzhos E.A., Matyukina A.A., Verba O.V., Demidenko E.V., Sosnov V.S., Rubtsov A.A. Tomato breeding for open ground in the south of Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):5-11. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-5-11> <https://www.elibrary.ru/apghyx>
- In Russia, after the introduction of sanctions, the production of tomatoes and products from them is actively increasing. URL.: <https://runews24.ru/economy/02/08/2024/v-rossii-posle-vvedeniya-sankcij-aktivno-narashivayut-proizvodstvo-pomidorov-i-produkcii-iz-nix>
- Marketing research of the Russian market of protected ground vegetables (cucumbers, tomatoes) (2012-2023, forecast for 2024). URL.: <https://ab-centre.ru/dbase/marketingovoe-issledovanie-rossiyskogo-rynka-ovoschey-zaschischennogo-grunta-agurcy-pomidory-2023>
- Sakara N.A., Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Sukhomirov G.I., Tarasova T.S., Oznobikhin V.I. Main problems of Far Eastern vegetable growing. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-3-9> <https://elibrary.ru/vdwoqq>
- Kuzmitskaya G.A., Shestopalova G.E. Features of tomato breeding in the Amur region. Results and perspectives. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):48-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-48-52> <https://elibrary.ru/efrknf>
- Kozlova I.V. A new medium-ripened variety of tomato Victor. *Rice growing*. 2022;(3):82-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2022-56-3-82-87> <https://elibrary.ru/borgal>
- Climate. Primorsky Krai. <https://www.nbcrs.org/regions/primorskiy-kray/klimat>
- Methods of breeding work until 2010 to create highly productive, complex-valuable varieties of grain, soybeans, perennial grasses, potatoes, vegetables and fruit and berry crops in the Far East. VASKhNIL. Siberian

- Branch. Far Research Institute of Agriculture. Far Eastern Breeding Center. Novosibirsk, 1990. 208 p. (In Russ.)
12. Handbook of the USSR Climate, issue 26. Air humidity, precipitation, snow cover. Primorsky Krai, part 4. L., Gidrometeoizdat, 1968. 239 p. (In Russ.)
13. Kornilov A.S. Breeding and seed production of vegetable crops in the south of the Far East. Artem, 2008. (In Russ.)
14. Kolodkin V.G., Sakara N.A. The role of the Primorskaya vegetable experimental station in the development of vegetable growing in the Far Eastern Federal District and the tasks of scientific support for the industry in 2013-2020. Current state and prospects for innovative development of vegetable and potato growing. Artem, 2013. (In Russ.)
15. Leunov V.I., Mikheev Yu.G. Edible roots in the south of the Russian Far East. Vladivostok, 2010. 179 p. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/vnniaj>
16. Kornilov A.S. Direction and results of vegetable crop selection in the Far East. Research in the field of vegetable growing in Primorsky Krai - results and prospects: Proceedings of the scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the Primorsky Vegetable Experimental Station. Artem, 1998. P. 19-25. (In Russ.)
17. Khikhlukha E.A. New varieties of semi-intensive nightshade vegetables and prospects for their use in agricultural production and the canning industry. Problems of agricultural production in the Far East. Blagoveshchensk, 2002. P. 38-46. (In Russ.)
18. Official Bulletin of the Federal State Institution "State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Selection Achievements" under the Ministry of Agriculture of Russia. 2005;(4):237-320. (In Russ.)
19. Khikhlukha E.A. New varieties of tomato. Current status and prospects for innovative development of vegetable and potato growing. Artem, 2013. 120 p. (In Russ.)
20. Zolotareva E.V. Pests and diseases of vegetable crops in the Far East. Khabarovsk, 2006. 60 p. (In Russ.)
21. Haveri N., Anjaneya Reddy B., Thulasiram K. Management of tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018;7(5):3398-3401.
22. Zhikhareva E.O., Babakova A.S. Tomato diseases (*Solanum lycopersicum*) in arid conditions. Agricultural science and education: problems, prospects and innovations: collection of materials of the All-Russian scientific and practical online conference, Astrakhan, November 20, 2020. Astrakhan: Publishing house "Astrakhan University", 2020. Pp. 39-40. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/ibxrgy>
23. Bagirova S.F., Gorshkova N.S., Ignatova S.I. Tomato late blight: diagnostics, identification of pathogen species, assessment of plant resistance, resistance donors. Lomonosov Moscow State University, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing. Moscow, 1999. 32 p. (In Russ.)
24. Orina A.S., Gannibal Ph.B., Levitin M.M. Specific diversity, biological characters and geography of *Alternaria* fungi associated with Solanaceous plants. *Mycology and phytopathology*. 2010;44(2):150-159.
<https://www.elibrary.ru/ojarbn>
25. Chaerani R., Voorrips R.E. Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *J. Gen. Plant Pathol.* 2006;(72):335-347. <https://doi.org/10.1007/s10327-006-0299-3>
26. Vanyushkina I.A., Kushnareva N.P. Protection from diseases of tomato cultivation in the open ground in the Primorsky Territory. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(2):91-94. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-2-91-94>
<https://www.elibrary.ru/rfbzxr>
27. Gnutova R.V., Zolotareva E.V. Diseases of vegetable crops and potatoes in the Russian Far East. Vladivostok: Dalnauka, 2011. 169 p. ISBN 978-5-8044-1259-4. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qclctdn>
28. Kuzmitskaya G.A., Kulyakina N.V., Ageeva O.Y. Assessment of yield, ecological plasticity and stability of promising tomato varieties in the conditions of the risky farming zone of the Khabarovsk territory. *Agronauka*. 2023;1(4):43. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2949-2211-1-4-42-50>
<https://www.elibrary.ru/yqsfsf>
29. Scorina V.V., Musayev F.B. Environment as a background for selection in vegetable crop breeding. *Breeding and seed production of vegetable crops*. 2014;(45):485-495. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ukeqjf>
30. Synychenko N.A. Assessment of tomato varieties selected by the Primorsky vegetable station for ecological plasticity and stability. A collection of scientific articles on the materials of the scientific-practical conference "The state and prospects of selection and seed production of the main agricultural crops". Ussuriysk 2020. P. 56-60. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/asyzjr>
31. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. A method for estimation of genotypes adaptive ability and stability, of environment's differentiative ability. i. grounds of the method. *Genetika*. 1985;21(9):1481-1490. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/xiwyij>
32. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Genotype and environment in plant breeding. Institute of Genetics and Cytology of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk. Science and Technology, 1989. 191 p. (In Russ.)
33. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Ecological selection of plants. Minsk. Technology, 1997. 372 p. (In Russ.)
34. Sinichenko N.A., Vanyushkina I.A., Hikhlukha E.A. The tomato variety wicklek is a novelty of the far eastern selection. The role of agricultural materials in the development of forestry and agriculture in the Far East: Materials of the V International Scientific and Practical Conference. In 3 parts, Ussuriysk: Primorsky State Agricultural Academy, 2021. P. 200-205. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/aivflg>
36. Mrema E.J., Kagimbo F.M., Lobulu J., Bagarama F.M. Yield and Adaptability Evaluation of Newly Introduced Tomato (*Solanum lycopersicum*) Varieties in Tabora Region. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*. 2014;13(1):67-73.
37. Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Petrov E.N. Features of studying the adaptability of tomatoes with their introduction in the arid conditions of the North-Western Caspian. *Proceedings of Lower Volga Agro-University complex: science and higher education*. 2019;1(53):89-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-11>
<https://www.elibrary.ru/nxrmfk>
38. Sinichenko N.A.1, Vanyushkina I.A. Evaluation of tomato samples of collectible nursery for resistance to alternaria in the Primorsky kray. *News of FSVC*. 2021;(3-4):57-63. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2021-3-4-57-63> <https://www.elibrary.ru/jrohxx>
39. Kondratyeva I.Yu. Private selection of tomato. M., 2010. ISBN 978-5-901695-38-8. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qlbhtz>
40. Vanyushkina I.A., Sinichenko N.A., Kozar E.G. Application of a fungicide system on tomato in open ground conditions in Primorsky Krai. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(6):101-107. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-101-107>
<https://www.elibrary.ru/btftyf>
41. Sinichenko N.A., Vanyushkina I.A., Kozar E.G., Markarova M.Yu. Influence of biological preparations of various nature on the development of alternariosis and the yield of tomato plants in the conditions of Primorsky krai. *News of FSVC*. 2023;(1):25-31. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2658-4832-2023-1-25-31>
<https://www.elibrary.ru/wovluf>

Об авторах:

Наталья Александровна Синиченко – старший научный сотрудник сектора селекции и семеноводства овощных культур, <https://orcid.org/0009-0007-0412-4835>, SPIN-код: 1046-1750, автор для переписки, natsinichenko@mail.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-код: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Ольга Николаевна Пышная – доктор с.-х. наук, главный н.с., зам. директора по науке, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>, SPIN-код: 7967-8504, pishnaya_o@mail.ru

Ирина Алексеевна Ванюшкина – старший научный сотрудник сектора защиты растений, <https://orcid.org/0009-0009-5379-2981>, SPIN-код: 5195-8660, vanuschckina.i@yandex.ru

About the Authors:

Natalya A. Sinichenko – Senior Researcher of the Sector of Breeding and Seed Production of Vegetable Crops, <https://orcid.org/0009-0007-0412-4835>, SPIN-code: 1046-1750, Correspondence Author, natsinichenko@mail.ru

Elena G. Kozar – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-code: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Olga N. Pyshnaya – Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>, SPIN-code: 7967-8504, pishnaya_o@mail.ru

Irina A. Vanyushkina – Senior Researcher, Plant Protection Sector, <https://orcid.org/0009-0009-5379-2981>, SPIN-code: 5195-8660, vanuschckina.i@yandex.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-29-36>
УДК 635.649:631.526.325:631.524.01(470.46)

А.С. Каракаджиев*,
О.П. Кигашпаева, А.В. Гулин

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» 416341, Россия, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16

*Автор для переписки:
alt.karakadzhiev@mail.ru

Вклад авторов: А.С. Каракаджиев: проведение исследований, создание рукописи, сбор данных; О.П. Кигашпаева: руководство исследованием, визуализация; А.В. Гулин: проведение исследований, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Каракаджиев А.С., Кигашпаева О.П., Гулин А.В. Изучение наследования ценных хозяйственных признаков у гибридов F₁ перца сладкого в условиях Астраханской области. *Овощи России*. 2025;(1):29-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-29-36>

Поступила в редакцию: 29.09.2024

Принята к печати: 20.11.2024

Опубликована: 28.12.2024

Altynbek S. Karakadzhiev*,
Olga P. Kigashpayeva, Alexander V. Gulin

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» 16, st. Lyubich, Kamzyak, Astrakhan region, 416341, Russia

*Corresponding Author: alt.karakadzhiev@mail.ru

Authors' Contribution: A.S. Karkadzhiev: research, manuscript creation, data collection; O.P. Kigashpaeva: research management, visualization; A.V. Gulin: manuscript editing.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Karakadzhiev A.S., Kigashpaeva O.P., Gulin A.V. Studying the inheritance of valuable economic traits in F₁ sweet pepper hybrids in the Astrakhan region. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):29-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-29-36>

Received: 29.09.2024

Accepted for publication: 20.11.2024

Published: 28.12.2024

Изучение наследования ценных хозяйственных признаков у гибридов F₁ перца сладкого в условиях Астраханской области

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Создание новых сортов и гибридов перца сладкого для условий Астраханской области позволяет повысить урожайность, качество продукции и ее конкурентоспособность. Анализ наследования ценных признаков у гибридов F₁ расширяет базу генофонда культуры перца сладкого и позволяет создавать новые перспективные сорта и гибриды, отвечающие требованиям современного рынка и потребителей. Цель исследования – изучение коллекционного и селекционного материала для создания гибридов F₁ перца сладкого в условиях Астраханской области с сочетанием новых хозяйственно ценных признаков.

Методика. Селекционные исследования проводили на опытном поле ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в условиях Астраханской области согласно общепринятым методикам по ведению селекционной работы. За 2021-2023 годы были изучены 82 коллекционных образца и 420 селекционных линий, на общей площади 0,42 га. Объектами исследований выступали 4 сорта и 1 линия перца сладкого.

Результаты исследований. В коллекционном и селекционном питомниках отобраны перспективные образцы и проведена их гибридизация. При изучении полученных гибридов перца сладкого селекционный интерес представили четыре комбинации: Кубовидный красный x Спринтер, Спринтер x Подарок Молдовы, Спринтер x Полет, Полет x Спринтер, проведено изучение наследования признаков по типу куста, форме плода, окраске в технической и биологической степени зрелости, толщине стенки и семенной продуктивности плодов. Изучены родительские формы и наследование признаков перца сладкого у гибридов F₁ по четырем комбинациям скрещивания. Проведено описание и отбор комбинаций Кубовидный красный x Спринтер и Спринтер x Подарок Молдовы, превосходящие стандарт по урожайности на 5,7-7,3 т/га, которые представляют интерес для дальнейшей селекционной работы. Установлено, что морфологические признаки растений перца сладкого у полученных гибридных комбинаций наследовались преимущественно сверхдоминированием сорта Спринтер.

Заключение. Результаты исследований могут применяться на практике при создании исходного материала для будущих сортов и гибридов перца сладкого, а полученные гибриды дополнят ассортимент уже имеющихся сортов и гибридов перца сладкого.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

перец сладкий, сорта, гибриды, наследование, хозяйственно-ценные признаки.

Study of inheritance of valuable economic traits in f₁ hybrids of sweet pepper under conditions of Astrakhan Region

ABSTRACT

Relevance. The creation of new varieties and hybrids of sweet pepper adapted to the conditions of the Astrakhan region will increase yields, product quality and competitiveness. The analysis of the inheritance of valuable traits in F₁ hybrids will also expand the base of the pepper gene pool and create new promising varieties and hybrids that meet the requirements of the modern market and consumers. The purpose of the study was to study the collection and breeding material for the creation of F₁ sweet pepper hybrids with a combination of new economically valuable ones in the Astrakhan region.

Methodology. The work was carried out in the Astrakhan region, Kamzyaksky district in the VNIIOOB branch of the "PAFSC RAS" according to accepted methods and technologies. During 2021-2023, 82 collection samples and 420 breeding lines were studied, with a total area of 0.42 ha.

The objects of research were 4 varieties and 1 line of sweet pepper.

Results. In the collection and breeding nurseries, promising samples were selected, according to which hybridization was carried out. When studying the hybrids obtained, four hybrid combinations are of breeding interest: Cuboid red x Sprinter, Sprinter x Gift of Moldova, Sprinter x Flight, Flight x Sprinter. Inheritance was studied according to the characteristics: the type of bush, the shape of the fruit, color in the technical and biological degree of maturity, wall thickness and insemination of fruits. We studied the parental forms and inheritance of sweet pepper traits in F₁ hybrids of four crossing combinations. Description and selection of combinations Cube-shaped red x Sprinter and Sprinter x Podarok Moldovan, exceeding the standard in yield by 5.7-7.3 tonnes/ha, which are of interest for further breeding work. It was determined that in the obtained hybrid combinations, the morphological characteristics of plants were inherited mainly by overdomination of the Sprinter variety.

Conclusion. The research results can be applied in practice when creating the starting material for future varieties and hybrids of sweet pepper, and the resulting hybrids will complement the range of existing varieties and hybrids of sweet pepper.

KEYWORDS:

sweet pepper, varieties, hybrids, economically valuable traits, inheritance

Введение

Перец сладкий является одной из самых важных и популярных овощных культур, выращиваемых в сельском хозяйстве. Он обладает высокой питательной ценностью и является неотъемлемой частью рациона питания [1]. По количеству витамина С (аскорбиновой кислоты) плоды перца значительно превосходят остальные овощи. Плоды перца сладкого содержат большое количество каротина, сахаров, витаминов и обладают антиоксидантными свойствами [2]. Мировое производство перца сладкого ежегодно увеличивается и к 2025 году, согласно прогнозам, составит свыше 800 тыс. т. Наиболее крупные производители перца сладкого – Китай и Индия. В настоящее время на долю Китая, Индии, Пакистана, Бангладеш и Индонезии приходится более 70% мирового производства перца сладкого. Всемирный овощной центр на Тайване содержит крупнейшую в мире коллекцию перца, насчитывающую 8165 образцов и охватывающую около 11% мирового разнообразия [3].

В России перец сладкий наиболее широко выращивается в открытом грунте на юге – Нижнее Поволжье, Северный Кавказ, Краснодарский и Ставропольский край, Ростовская область [4] и ежегодно активно увеличивает посевные площади. По данным Росстата, за 2022 год посевная площадь перца сладкого в хозяйствах всех категорий в открытом грунте составила 20060,9 га, в закрытом грунте – 2604,3 га. В 2006 году показатели посевной площади перца сладкого в открытом грунте составляли 6845,0 га, в закрытом грунте – 2738,0 га. Вместе с тем, при его возделывании в разные годы и в разных регионах наблюдаются значительные колебания по продуктивности, связанные с влиянием различных факторов среды (температура, влажность, засуха, болезни и др.) [5].

Основной задачей селекции перца сладкого является создание новых сортов и гибридов с улучшенными хозяйственными признаками, такими, как урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, качество плодов и др. [6,7]. Постоянно растущий спрос на сладкий перец во всем мире связан и акцентируется в основном на развитии гибридов. Отмечается значительное количество гетерозиса этой культуры по многим хозяйственным признакам [8]. Расширение спроса на продукцию перца сладкого и изменение структуры его производства ставит перед селекционерами задачи по созданию новых сортов и гибридов, способных удовлетворить потребности населения в высококачественном продукте питания и сырье для перерабатывающей промышленности [9]. Для выполнения поставленных задач необходимы сорта и гибриды перца сладкого различного направления использования: салатные, для свежего потребления и консервирования, с различными сроками созревания, высокоурожайные, дружно созревающие, с улучшенным биохимическим составом плодов, толерантные к различным заболеваниям и устойчивые к неблагоприятным факторам среды. Для их создания необходим большой и разнообразный исходный

материал, несущий генетические источники признаков модели сорта или гибрида. Особенно важным является изучение наследования ценных хозяйственных признаков у гибридов F₁ перца сладкого.

Актуальность изучения наследования ценных хозяйственных признаков у гибридов F₁ перца сладкого в условиях Астраханской области обусловлена необходимостью развития селекции и селекционных программ для улучшения сортов и гибридов, адаптированных к конкретным климатическим условиям региона, позволяющих повысить урожайность, качество и конкурентоспособность продукции. Анализ наследования ценных признаков у гибридов F₁ позволяет расширить базу генофонда перца сладкого и создать новые перспективные сорта и гибриды, отвечающие требованиям современного рынка и потребителей.

Цель исследования – изучение коллекционного и селекционного материала перца сладкого для создания гибридов F₁ с новым сочетанием хозяйственно-ценных признаков, высокоурожайных, адаптированных к условиям возделывания в Астраханской области и соответствующим требованиям рынка.

Материалы и методы исследования

Работы проводили в 2021–2023 годах на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в г. Камызяк Астраханской области, согласно общепринятым методикам исследований и зональным агротехнологиям возделывания [10,11,12,13]. Объектами исследования выступали сорта перца сладкого селекции ВНИИООБ, различающиеся формой, размером, окраской растений и плодов, сроками созревания и направлениями использования.

Климат зоны – засушливый, резко континентальный, характеризуется сухой и жаркой весной, засушливым летом. Сумма температур воздуха свыше 10°C составляет 3500-3600°C. Продолжительность безморозного периода – 180-200 дней. За год выпадает 160-200 мм осадков, в том числе в весенние месяцы – 100-120 мм. В течение вегетационного периода преобладают дни с ветрами 14-16 м/сек, иногда до 20 м/сек. Относительная влажность воздуха в летний период составляет 50-60%.

Почвы опытного участка аллювиально-луговые, среднесуглинистые, среднесолённые. Агротехнический состав почвы опытного поля сравнительно однороден: в слое 0-0,20 м содержится гумуса – от 1,7 до 2,0%, легкогидролизуемого азота – от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора – от 28 до 45 мг/кг и обменного калия – от 250 до 400 мг/кг почвы.

Технология выращивания рассады и агротехника возделывания перца сладкого в открытом грунте на капельном орошении – общепринятые для зоны [12]. Рассаду перца сладкого выращивали в блочных остекленных теплицах на солнечном обогреве. Посев проводили сухими семенами по схеме

0,05x0,03 м, без пикировки, в первой декаде апреля. Почвосмесь состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя. Уход за растениями включал своевременные поливы, рыхления, прополку сорняков, подкормки минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды.

Предшественник – залежь. Обработка почвы: отвальная вспашка на глубину 25-27 см, ранневесеннее покровное боронование в два следа, предпосевная культивация на 6-8 см и нарезка борозд для посадки. Внесение комплексных минеральных удобрений (нитроаммофоска NPK 16:16:16) осуществляли культиватором КРН-4,2 с туковсевающими аппаратами: 1-е внесение – перед посадкой, одновременно с нарезкой борозд в дозе 250 кг/га в ф. в.; 2-е внесение - при междурядной культивации растений в дозе 250 кг/га в ф. в. Высадка рассады в открытый грунт производилась во II декаде мая, схема посадки 1,4 x 0,2 м.

Агроклиматические условия 2021-2023 годов в целом были благоприятны для роста и развития растений перца сладкого. Основным лимитирующим фактором являлось частое отсутствие осадков в весенне-летний период, высокие летние температуры воздуха и низкая влажность воздуха и почвы. Среднесуточная температура воздуха за период апрель-сентябрь в годы исследований превышала среднемноголетние значения в среднем на 2,2°C. Количество выпавших атмосферных осадков было

неравномерным и отклонялось от среднемноголетних значений как в большую (апрель 2023, май 2022 и 2023, июль 2021, июль 2023, сентябрь 2021-2023 годов), так и в меньшую сторону (апрель 2021 и 2022, май 2021, июль 2022 и 2023, июль 2021 и 2022, август 2021-2023 годов) и составило в среднем за годы исследований 111,3 мм, что на 15 мм выше среднемноголетней нормы (рис. 1).

Для полива опытного участка применяли капельное орошение. Сроки и нормы орошения в течение вегетации устанавливали с учетом метеоусловий, влажности почвы и состояния растений. Предпосадочный полив проводили нормой 350 м³/га, послепосадочный – 70 м³/га, вегетационные поливы – нормой от 70 до 250 м³/га. В период вегетации в годы исследований проводилось от 28 до 32 поливов, 2 – 3 междурядных культивации, 2–3 ручные прополки, 1–2 обработки инсектицидами от хлопковой совки, подкормка минеральными удобрениями согласно рекомендуемым расчетным дозам.

Закладку полевого опыта проводили в соответствии с методическими рекомендациями: «Методика полевого опыта в овощеводстве» [13], «Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур» [14]. Скрещивание проводили по методике «Производство гибридных семян овощных культур» [15]. Оценку устойчивости сортов и гибридов перца сладкого к болезням и неблагоприятным факторам

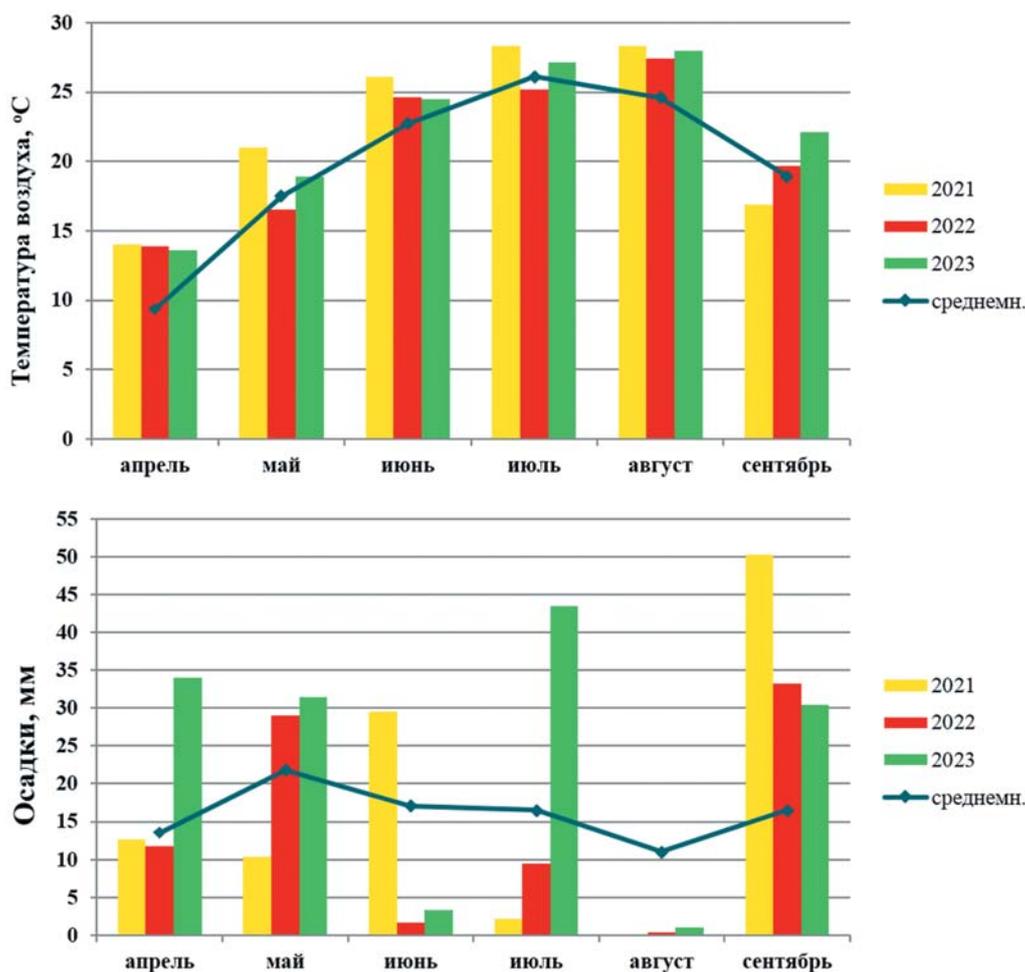


Рис. 1. Метеорологические условия периода проведения исследований в 2021–2023 годы
Fig. 1. Meteorological conditions of the research period in 2021-2023

среды проводили в полевых условиях, визуально, при проведении отборов. Описание морфологических показателей (высота и тип куста, форма и окраска плода, толщина стенки, масса плода) – согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [16]. Сбор и учет урожая перца сладкого в опыте осуществляли в 3 фазы, по мере созревания плодов. Дата первого сбора плодов в 2021 году – 15 августа; в 2022 году – 10 августа; в 2023 году – 21 августа. Учет урожая – методом взвешивания, с разделением на общую и товарную фракции.

Результаты исследований и их обсуждение

Научно-исследовательская работа по изучению и селекции перца сладкого во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства ведется более 30 лет. Ежегодно в питомниках изучается 25-30 коллекционных образцов и 170-230 селекционных линий. За годы исследований накоплен ценный исходный селекционный материал, несущий генетические источники различных хозяйственных признаков растений и плодов, в том числе по срокам созревания, высоте и типу куста, форме и размеру плода, его окраски в технической и биологической степени зрелости, толщине стенки и др. На его основе создано и внесено в Государственный реестр селекционных достижений 14 сортов перца сладкого для различных направлений использования. Целью настоящей работы являлось формирование модели планируемого селекционного достижения и создание на ее основе модельных гибридов F₁ перца сладкого: с плодами конусовидной и кубовидной формы, с тол-

щиной стенки 0,8-1,0 см; с плодами плоско округлой формы светло-зеленой окраски в технической спелости.

Перспективным направлением селекции перца сладкого является селекция на удельный вес плода и увеличение толщины стенки [17]. Для транспортировки плодов перца сладкого требуется значительный объем транспортных емкостей, по сравнению с другими овощами, из-за наличия воздушных полостей и малого удельного веса плодов. Результаты проведенных ранее исследований (Авдеев Ю.И. и др.) показали, что при увеличении толщины стенки и уменьшении размера плода у сортов перца сладкого, его удельный вес увеличивается [18, 19]. Также по данным (Martinez-Ispizua E. И др.) следует, что толщина стенки положительно коррелирует с весом плода, что является важным направлением для улучшения качественных характеристик перца сладкого [20,21]. По мнению (Haghighi M.,) увеличение удельного веса плода позволит повысить товарность плода, защиту от механических повреждений и продлению срока хранения [22]. Поэтому усиление работы по подбору и развитию сортов перца сладкого с улучшенными характеристиками плода является важным шагом в развитии сельского хозяйства.

В таблице 1 представлены параметры модели гибридов F₁ перца сладкого для потребления в свежем виде и консервирования (перец резаный). При этом, форма плода может быть различной – от кубовидной до плоскоокруглой; окраска плодов в технической спелости – от светло-зеленой до темно-зеленой, в биологической спелости – от красной до оранжевой; толщиной стенки – не менее 0,8 см; урожайность – не

Таблица 1. Модель планируемого гибрида перца сладкого
Table 1. The model of the planned sweet pepper hybrid

№	Показатели	Параметры
1	Высота, см	40-60
2	Масса плода, г	не менее 110
3	Форма плода	кубовидная, трапециевидная, конусовидная, плоскоокруглая
4	Окраска плода в технической/биологической спелости	светло-зеленая, зелёная, темно-зеленая/красная, желтая, оранжевая
5	Толщина стенки, см	не менее 0,8
6	Вкус	приятный, без горечи, с выраженным перечным ароматом
7	Урожайность, т/га	35-50
8	Товарность, %	не менее 90
Устойчивость к абиотическим и биотическим факторам:		
9	- жаростойкость	высокая
10	- засухоустойчивость	высокая
11	- корневые гнили и увядание	толерантность
12	- вирусные заболевания	толерантность

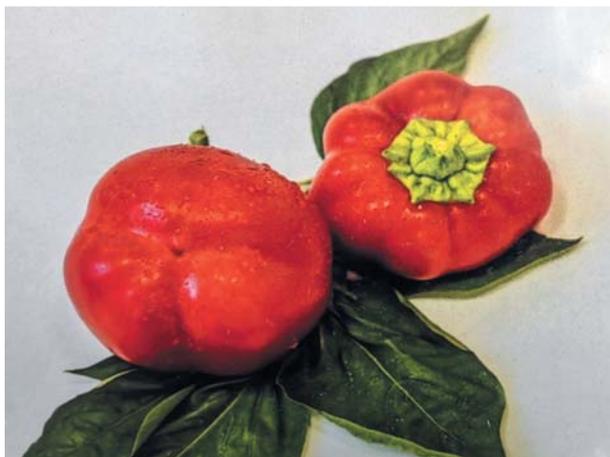


Рис.2. Сорт перца сладкого Спринтер



Рис. 3. Сорт перца сладкого Полет



Рис. 4. Линия перца сладкого Кубовидный красный

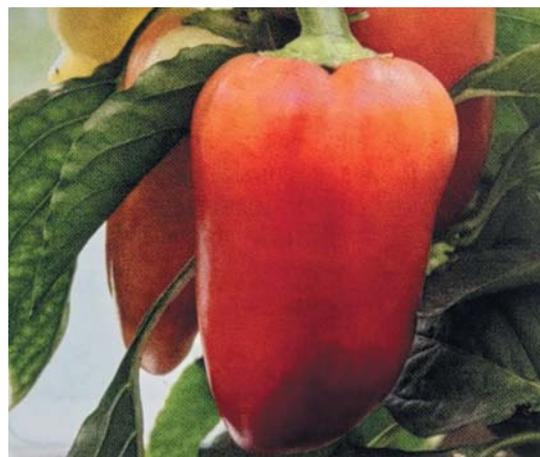


Рис. 5. Сорт перца сладкого Подарок Молдовы

Таблица 2. Хозяйственная и морфо-биологическая характеристика родительских форм перца сладкого среднее за 2021-2023 годы
 Table 2. Economic and morpho-biological characteristics of the parent forms of sweet pepper average for 2021-2023

Название образца	Общая урожайность, т/га	Товарность, %	Средняя масса плода, г	Форма плода	Толщина стенки, см	Окраска плода		Высота куста, см
						техническая спелость	биологическая спелость	
Спринтер	38,0	95,1	110,0	плоскоокруглая	1,0	зеленая	красная	42,0
Кубовидный красный	43,5	89,5	131,0	кубовидная	0,7	темно - зеленая	красная	66,0
Полет	25,9	90,8	82,0	широко-конусовидная	0,6	светло-зеленая	темно-красная	48,0
Подарок Молдовы	36,2	92,6	107,0	конусовидная	0,6	зеленая	красная	72,0
НСР ₀₅	3,8	-	10,5	-	-	-	-	6,4

Таблица 3. Хозяйственные и морфо-биологические признаки гибридов F₁, 2023 г
Table 3. Economic and morpho-biological characteristics of F₁ hybrids, 2023

Комбинации скрещивания	Общая урожайность, т/га	Товарность, %	Средняя масса плода, г	Форма плода	Толщина стенки, см	Окраска плода		Высота куста, см
						техническая спелость	биологическая спелость	
F ₁ Золото героя - стандарт	38,1	94,0	122	плоскоокруглая	0,8	зеленовато-белая	желтая	48
Кубовидный красный х Спринтер	43,8	94,0	126	плоскоокруглая	1,0	темно-зеленая	темно-красная	57
Спринтер х Подарок Молдовы	45,4	96,2	132	плоскоокруглая	1,0	зеленая	алая	65
Спринтер х Полет	36,7	98,3	130	плоскоокруглая	0,95	светло – зеленая	красная	54
Полет х Спринтер	39,8	94,3	128	плоскоокруглая	0,90	светло – зеленая	красная	52
НСР ₀₅	3,4	-	4,6	-	-	-	-	5,8

менее 35 т/га, товарность плодов - не менее 90%; высота куста – от 40 до 60 см, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды – высокая (табл. 1).

Гибридизацию образцов перца сладкого проводили на отобранных растениях коллекционного и селекционного питомников, несущих признаки, запланированные моделью гибрида. Ежегодно в гибридизацию привлекали по 15-20 образцов, в каждой комбинации опыляли по 20-30 цветков и изучали характеристики родительских форм и полученных гибридов.

В качестве исходного материала были взяты сорта, различающиеся высотой растений, массой плода, окраской в технической и биологической зрелости, толщиной стенки: сорт Полет – с плодами ширококонусовидной формы, окраской в технической – светло-зеленая, в биологической – темно-красная, толщиной стенки 0,6 см, средней массой плода 82 г, высотой куста 48 см и урожайностью 25,9 т/га; сорт Подарок Молдовы – конусовидной формы плодов, окраской в технической – зеленая, в биологической – красная, толщиной стенки 0,6 см, средней массой плода 107 г, урожайностью 36,2 т/га и высотой куста 72 см; перспективная выровненная селекционная линия (рабочее название Кубовидный красный) с плодами кубовидной формы, толщиной стенки 0,7 см, средней массой 131 г и окраской плода в технической спелости – темно-зеленая, в биологической – красная, урожайность – 43,5 т/га, высота куста 66 см; сорт Спринтер – с плодами плоскоокруглой формы, толщиной стенки 1 см, окраской плода в технической спелости – зеленая, в биологической – красная, урожайность – 38 т/га и высота куста – 42 см (рис. 2-5, табл. 2).

Гибридизацию проводили как прямую, так и обратную с сортом Спринтер. Он характеризуется компактным кустом детерминантного типа, с широкими листьями, которые полностью укрывают плоды, что предохраняет их от солнечных ожогов во время высоких летних температур. Плоды красивой выровненной плоскоокруглой формы, практически отсутствуют воздушные полости в семенных камерах. Этот признак имеет большое значение, так как благодаря ему у сортов с такой формой плодов большой удельный вес, что экономит тару при сборе и транспортировке плодов.

В качестве стандарта у полученных гибридных комбинаций был взят гибрид F₁ Золото героя. Растение раскидистое, высотой куста 48 см. Плод плоскоокруглой формы, сильно гляцевый. Окраска плода в технической спелости зеленовато-белая, в биологической – желтая. Толщина стенки плода – 0,8 см, урожайность 38,1 т/га, средняя масса плода 122 г.

По изучению наследования признаков видно, что в гибридной комбинации Кубовидный красный х Спринтер гибриды наследовали тип растений, форму плодов (плоскоокруглую) и толщину стенки (1 см) от сорта Спринтер, окраску плода – от линии Кубовидный красный. Общая урожайность гибрида была высокая и составила 43,8 т/га, что достоверно было выше стандарта на 5,7 т/га, а товарность плодов была одинаковой 94%.

Гибриды комбинации Спринтер х Подарок Молдовы по форме растения, плода и толщине стенки (1 см) также наследовали признаки сорта Спринтер. При этом окраска плодов в технической степени зрелости была зеленая, а в биологической – алая (ярко-красная). Показатели урожайности гибри-

да под влиянием гетерозиса значительно превысили обе родительские формы на 7,4 и 9,2 т/га соответственно и были на 7,3 т/га выше стандарта при средней массе плода 132 г. и повышении товарности на 1,1-3,6%.

При скрещивании образцов Спринтер х Полет гибриды наследовали плоско округлую форму плода, толщину стенки 0,95 см со средней массой плода 130 г, что на 20-48 г выше родительских форм, с полураскидистым типом куста – как у сорта Полет. Окраска в технической степени зрелости – светло-зеленая, в биологической – красная. В этой комбинации скрещивания общая урожайность была ближе к сорту Спринтер и составила 36,7 т/га, что на 1,4 т/га ниже стандарта. Товарность составила 98,3% и значительно превысила обе родительские формы и значения стандарта.

В комбинации Полет х Спринтер растения имели полу-раскидистый тип куста, форма плода плоско-округлая с толщиной стенки 0,9 см. Урожайность составила 39,8 т/га при товарности 94,3%, что на 1,7 т/га выше стандарта F₁ Золото героя, при средней массе плода 128 г. У гибридов Спринтер х Полет и Полет х Спринтер высота растений была небольшой, как у сорта Спринтер (табл. 3).

Таким образом, морфологические признаки гибридов по форме, окраске и толщине стенки плода наследовались преимущественно от сорта Спринтер под влиянием его сверхдоминирования в гибридной комбинации. Высокая товарность плодов полученных гибридов позволяет сделать вывод об их высокой устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Заключение

В результате проведенных исследований изучен коллекционный и селекционный материал перца сладкого из генофонда отечественной селекции и ближнего зарубежья, выделены четыре перспективные родительские формы сортов Спринтер, Кубовидный красный, Полет, Подарок Молдовы с различными искомыми признаками (конусовидная, кубовидная, плоскоокруглая форма плода, масса плода – от 82 до 131 г, толщина стенки перикарпия – от 0,6 до 1,0 см, красная окраска плода в биологической зрелости). Изучен характер наследования признаков родительских форм у гибридов первого поколения, который наследовался сверхдоминированием сорта Спринтер. В результате изучения исходного материала и проведенной гибридизации получены гибриды с набором ценных признаков: компактный детерминантный куст, более крупные плоды и толщина стенки 0,9-1,0 см. Среди полученных гибридных комбинаций выделена наиболее перспективная комбинация Спринтер х Подарок Молдовы с урожайностью 45,4 т/га, товарностью 96,2%, толщиной стенки 1,0 см, средней массой плода 132 г. Проведена оценка и выделены гибридные комбинации Кубовидный красный х Спринтер и Спринтер х Подарок Молдовы, превосходящие стандарт на 5,7-7,3 т/га, которые могут быть рекомендованы для возделывания в хозяйствах Астраханской области и использования в дальнейшей селекционной работе. Результаты исследований имеют широкое применение на практике для создания исходного материала для будущих сортов и гибридов и расширения ассортимента перца сладкого.

Литература

1. Авдеев А.Ю., Кигашпаева О.П., Бажмаева Ф.К., Сисенгалиева С.Т. Новые сорта перца для различных целей выращивания. *Орошаемое земледелие*. 2016;(1):6-10. <https://elibrary.ru/ostadf>
2. Антипова Н.Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021;8-1(59):81-84. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84> <https://elibrary.ru/atvzwz>
3. Sharma V.K., Srivastava A., Mangal M. Recent Trends in Sweet Pepper Breeding. *Accelerated Plant Breeding*. 2020;(2):417-444.
4. Антипова Н.Ю., Кашнова Е.В. Современные аспекты и итоги селекции перца сладкого в Западной Сибири. *Овощи России*. 2021;(4):53-56. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-53-56> <https://elibrary.ru/mjnujh>
5. Иванова В.Т., Серегин С.Н., Новосельцева А.В. Рост сельскохозяйственного производства, как фактор развития пищевой промышленности и продовольственного рынка. *Пищевая промышленность*. 2016;(2):8-11. <https://elibrary.ru/wbahop>
6. Каракаджиев А.С., Кигашпаева О.П., Гулин А. В., Муканов М.В. Коллекция генетического разнообразия *Capsicum annuum* L. и использование её в создании новых сортов. Материалы V Вавиловской международной научной конференции в ознаменование 135 годовщины со дня рождения Н.И. Вавилова. 21–25 ноября 2022. С. 175. <https://elibrary.ru/ovhgyn>
7. Кигашпаева О.П., Гулин А.В., Каракаджиев А.С., Джабраилова В.Ю., Лаврова Л. П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИОБ. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;3(67):161-170.

<https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-03-19>

<https://elibrary.ru/jvepvq>

8. Caruso G., Stoleru V.V., Munteanu N.C., Sellitto V.M., Teliban G.C., Burducea M., Tenu I., Morano G., Butnariu M. Quality Performances of Sweet Pepper under Farming Management. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2018;47(2):458-464. <https://doi.org/10.15835/nbha47111351>
9. Шабета О.Н., Коцарева Н.В., Аль денией Муаяд Н.М., Шеенко Д.А. Создание исходного материала для селекции перца сладкого и баклажан. *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2017;3(15):126-137. <https://elibrary.ru/zvhqz>
10. Бакулина В.А., Белехова К.А., Боос Г.В. и др. Руководство по апробации овощных культур и корнеплодов. М.: Колос. 1982. 415 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. 336 с.
12. Авдеев Ю.И., Коринец В.В. и др. Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур при капельном орошении в Астраханской области. Астрахань, 2003. 43 с.
13. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 650 с. <https://elibrary.ru/vvlvz>
14. Литвинов С.С. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с. <https://elibrary.ru/zchjw>
15. Даскалов Х.С., Производство гибридных семян овощных культур. Москва: Колос, 1966. 104 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2015. 61 с.
17. Мишин Л.А., Юбка Н.А., Агейко Т.Г., Шалькевич Т.Г. Селекционная оценка нового исходного материала перца сладкого в пленочных теплицах в Беларуси. *Овощеводство*. 2017;(25):73-78.

18. Авдеев А.Ю., Сисенгалиева С.Т. Новые сорта перца сладкого для транспортировки и цельноплодного консервирования. *Овощеводство и тепличное хозяйство*. 2017;(12).

19. Авдеев Ю.И., Бажмаева Ф.К., Кигашпаева О.П., Авдеев А.Ю. Селекция перца сладкого на удельный вес плода, повышающий эффективность использования тары и емкость транспортных средств. Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур. Нижневолжский экоцентр. Астрахань. 2014. С. 111-115.

20. Martínez-Ispizua E., Calatayud Á., Marsal J.I., Mateos-Fernández R. et al. Phenotypic divergence among sweet pepper landraces assessed by agro-morphological characterization as a biodiversity source. *Agronomy*. 2022;12(3):632. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/632#>

21. Lang K.M., Nair A., Moore K.J. Cultivar selection and placement of shade cloth on midwest high tunnels affects colored bell pepper yield, fruit quality, and plant growth. *HortScience*. 2020;55(4):550-559. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI14714-19>

22. Haghghi M., Sharifani M.J., Parnianifard F. Physiological changes of sweet pepper under low irrigation regimes applied in three phenological stages of vegetative growth, reproductive growth, and fruit set. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2023;1-23. <https://doi.org/10.1080/0114067>

• **References**

1. Avdeev A.Yu., Kigashpaeva O.P., Bazhmaeva F.K., Sisengalieva S.T. New varieties of pepper for various growing purposes. *Irrigated agriculture*. 2016;(1):6-10. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ostadf>

2. Antipova N.Yu. Dietary and medicinal properties of sweet pepper. *International journal of humanities and natural sciences*. 2021;8-1(59):81-84. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84> <https://elibrary.ru/atvzww>

3. Sharma V.K., Srivastava A., Mangal M. Recent Trends in Sweet Pepper Breeding. *Accelerated Plant Breeding*. 2020;(2):417-444.

4. Antipova N.Yu., Kashnova E.V. Modern aspects and results of sweet pepper breeding in Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):53-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-53-56> <https://elibrary.ru/mjnujh>

5. Ivanova V.I., Seryogin S.N., Novoseltseva A.V. Growth in agricultural production as a factor of sustainable development of the food industry and food market of Russia. *Food Industry*. 2016;(2):8-11. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wbahop>

6. Karakadzhiev A.S., Kigashpayeva O.P., Gulin A.V., Mukanov M.V. Collection of genetic diversity of *Capsicum annum* L. and its use in the creation of new varieties. V international vavilov conference: celebrating N.I. Vavilov's 135th birthday. Abstracts. 2022. P. 175. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ovhgyn>

7. Kigashpayeva O.P., Gulin A.V., Karakadzhiev A.S., Dzhabrailova V.Yu., Lavrova L.P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper - selection of the "All-Russian research institute of irrigated vegetable and melon growing". *Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;3(67):161-170. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-03-19> <https://elibrary.ru/jvpevq>

8. Caruso G., Stoleru V.V., Munteanu N.C., Sellitto V.M., Teliban G.C., Burducea M., Tenu I., Morano G., Butnariu M. Quality Performances of Sweet Pepper under Farming Management. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2018;47(2):458-464. <https://doi.org/10.15835/nbha47111351>

9. Shabetia O.N., Kotsareva N.V., Al Denia Muad N.M., Sienko D.A. Express-assessment methods initial breeding material. *Innovations in agricultural complex: problems and perspectives*. 2017;3(15):126-137. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zvhqz>

10. Bakulina V.A., Belekova K.A., Boos G.V. Guide to approbation of vegetable crops and root crops. M.: Kolos. 1982. P.65. (In Russ.)

11. Dosphehov B.A. Methodology of field experience. M., 1979. 336 p. (In Russ.)

12. Korinets V.V. Recommendations for the cultivation of agricultural crops with drip irrigation in the Astrakhan region. Astrakhan. 2003. 43 p. (In Russ.)

13. Litvinov S.S. Methodology of field experiment in vegetable growing. M., 2011. 650 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/vvlerz>

14. Litvinov S.S. Selection, seed production and varietal agricultural technology of vegetable, melon and flower crops. M., 2016. 344 p. (In Russ.) <https://elibrary.ru/zchjw>

15. Daskalov Kh.S., Production of hybrid seeds of vegetable crops. Moscow: Kolos, 1966. 104 p. (In Russ.)

16. Methodology for state variety testing of agricultural crops. M., 2015. 61 p. (In Russ.)

17. Mishin L.A., Yubko N.A., Ageyko T.G., Shalkevich T.G. Selected assessment of new cultivars of bell pepper in plastic foil houses in Belarus. *Vegetable Growing*. 2017;(25):73-78. (In Russ.)

18. Avdeev A.Yu., Sisengalieva S.T. New varieties of sweet pepper for transportation and whole-fruit canning. *Vegetable growing and greenhouse farming*. 2017;(12). (In Russ.)

19. Avdeev Yu.I., Bazhmaeva F.K., Kigashpaeva O.P., Avdeev A.Yu. Selection of sweet pepper for the specific gravity of the fruit, which increases the efficiency of container use and the capacity of vehicles. Methodological developments, donors and directions of research in the selection of vegetable crops. Nizhnevolsky Ecocenter. Astrakhan. 2014. pp. 111-115. (In Russ.)

20. Martínez-Ispizua E., Calatayud Á., Marsal J.I., Mateos-Fernández R. et al. Phenotypic divergence among sweet pepper landraces assessed by agro-morphological characterization as a biodiversity source. *Agronomy*. 2022;12(3):632. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/632#>

21. Lang K.M., Nair A., Moore K.J. Cultivar selection and placement of shade cloth on midwest high tunnels affects colored bell pepper yield, fruit quality, and plant growth. *HortScience*. 2020;55(4):550-559. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI14714-19>

22. Haghghi M., Sharifani M.J., Parnianifard F. Physiological changes of sweet pepper under low irrigation regimes applied in three phenological stages of vegetative growth, reproductive growth, and fruit set. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2023;1-23. <https://doi.org/10.1080/0114067>

Об авторах:

Алтынбек Сансызбаевич Каракаджи́ев – младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, <http://orcid.org/0000-0001-7572-3578>, SPIN-код: 3168-9824, автор для переписки, alt.karakadzhiev@mail.ru

Ольга Петровна Кигашпаева – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства, <http://orcid.org/0000-0003-4578-6177>, SPIN-код: 3814-9394, vniiob@mail.ru

Александр Владимирович Гулин – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООб – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», <http://orcid.org/0000-0001-6000-5311>, SPIN-код: 4660-0281, al_gulin@mail.ru

About the Authors:

Altynbek S. Karakadzhiev – Junior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, <http://orcid.org/0000-0001-7572-3578>, SPIN-code: 3168-9824, Corresponding Author, alt.karakadzhiev@mail.ru

Olga P. Kigashpaeva – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Breeding and Seed Production, <http://orcid.org/0000-0003-4578-6177>, SPIN-code: 3814-9394, vniiob@mail.ru

Alexander V. Gulin – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Director of VNIIOOB - branch of FGBNU "PAFNCS RAS", <http://orcid.org/0000-0001-6000-5311>, SPIN-code: 4660-0281, al_gulin@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-37-44
УДК: 635.652.2:631.531.027.34

О.А. Коцюбинская^{1*}, Е.В. Бондаренко²,
Н.Г. Казыдуб¹, Я.А. Блинова²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (Омский ГАУ) 644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., д. 1

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ) 249035, Россия, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, д. 1, к. 1

*Автор для переписки: oa.kotsyubinskaya@omgau.org

Вклад авторов: Коцюбинская О.А.: существенный вклад в замысел и дизайн исследования, подготовка и выполнение экспериментальных работ, сбор данных, анализ и интерпретация результатов, подготовка статьи. Бондаренко Е.В.: существенный вклад в дизайн исследования, статистическая обработка, визуализация, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи. Казыдуб Н.Г.: существенный вклад в замысел и дизайн исследования, руководство планированием и выполнением исследования, анализ и интерпретация результатов, редактирование рукописи. Блинова Я.А.: подготовка семян к облучению, статистическая обработка и анализ данных. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Благодарности. Соавторы благодарят канд. биол. наук Чича Тараса Васильевича (НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ) за облучение семян.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Коцюбинская О.А., Бондаренко Е.В., Казыдуб Н.Г., Блинова Я.А. Влияние гамма-облучения семян на развитие растений *Phaseolus vulgaris* L. *Овощи России*. 2025;(1):37-44. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-37-44>

Поступила в редакцию: 11.07.2024

Принята к печати: 28.10.2024

Опубликована: 28.12.2024

Olga A. Kotsyubinskaya^{1*},
Ekaterina V. Bondarenko², Nina G. Kazhdub¹,
Yana A. Blinova²

¹ Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
1, Institutskaya Ploshchad, Omsk,
Omsk region, 644008, Russia

² Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre "Kurchatov Institute" 249035, 1, building 1, Kievskoe shosse, Obninsk, Kaluga region, Russia

*Correspondence Author:

oa.kotsyubinskaya@omgau.org

Authors' Contribution: Kotsyubinskaya O.A.: conceptualization, planning and execution of experimental works, data collection, analysis and interpretation of results, manuscript writing. Bondarenko E.V.: conceptualization, statistical processing, visualization, analysis and interpretation of data, manuscript writing. Kazhdub N.G.: conceptualization, supervision of planning and execution of the study, analysis and interpretation of results, manuscript editing. Blinova Ya.A.: preparation of seeds for irradiation, statistical processing and analysis of data. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgments. The co-authors thank the cand. of biol. sciences Taras Chizh (NRC "Kurchatov Institute" – RIRAE) for irradiation of seeds.
Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Kotsyubinskaya O.A., Bondarenko E.V., Kazhdub N.G., Blinova Ya.A. Effect of gamma irradiation of seeds on the development of *Phaseolus vulgaris* L. plants. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):37-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-37-44>

Received: 11.07.2024

Accepted for publication: 28.10.2024

Published: 28.12.2024

Влияние гамма-облучения семян на развитие растений *Phaseolus vulgaris* L.

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современное направление селекции фасоли сфокусировано на увеличении содержания белка в семенах и зеленых бобах, а также витаминов, фолиевой кислоты, биологически активных веществ и антиоксидантов, улучшении органолептических свойств и уменьшении содержания антипитательных веществ. При создании исходного материала для селекции важны такие признаки, как: устойчивость к биотическим и абиотическим факторам, стабильный высокий урожай, технологичность, кустовой тип и прямостоячая форма, высокая симбиотическая активность. Эффективным подходом к увеличению генетического разнообразия исходного материала является радиационный мутагенез. Цель исследований – изучить влияние γ -облучения семян на всхожесть, морфометрические параметры и продолжительность фазов развития отечественных сортов фасоли, и определить оптимальные дозы γ -излучения для протокола радиационного мутагенеза. **Материалы и методы.** Объекты исследования – 3 сорта фасоли селекции Омского ГАУ. Семена были γ -облучены (источник – ^{60}Co) в дозах 50–200 Гр (мощность дозы 60 Гр/час). Семена проращивали в контролируемых условиях; оценивали энергию прорастания и всхожесть. У проростков измеряли длину гипокотыля, количество и длину корней. У растений оценивали продолжительность фаз развития и продуктивность. Статистический анализ проводили в R (вер. 4.3.3) и MS Office Excel 2019.

Результаты. Для дозы γ -излучения 50 Гр отмечен гормезисный эффект, который проявился в более высоких значениях энергии прорастания и всхожести семян (сорт Памяти Рыжковой), длины гипокотыля (сорта Маруся и Памяти Рыжковой) и в уменьшении продолжительности фазов развития (сорт Омский Рубин). Гамма-облучение во всех применимых дозах статистически значимо ингибировало развитие корней. Длина корней, как наиболее чувствительный к облучению параметр, была выбрана для расчета дозы, вызывающей 50-процентное сокращение роста (RD50). Для сорта Маруся RD₅₀ составила 40 Гр, для сортов Памяти Рыжковой и Омский Рубин – 60 Гр.

Заключение. В реакции на облучение семян установлена сортоспецифичность. Для изучения гормезисных эффектов γ -облучения семян фасоли могут быть использованы дозы 50 Гр и менее (10-50 Гр). Дозы 100 и 200 Гр оказались летальны. В протоколах радиационного мутагенеза отечественных сортов фасоли рекомендуются стартовые дозы 40-60 Гр.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

радиобиология, радиационный мутагенез, ионизирующее излучение, фасоль зерновая, фасоль овощная, гормезис

Effect of gamma irradiation of seeds on the development of *Phaseolus vulgaris* L. plants

ABSTRACT

Relevance. The modern direction of bean breeding is focused on increasing the protein content in seeds and green beans, as well as vitamins, folic acid, biologically active substances and antioxidants, improving organoleptic properties and reducing the content of anti-nutritional substances. When creating the initial material for breeding, the following traits are important: resistance to biotic and abiotic factors, stable high yield, technological effectiveness, bush type and upright form, high symbiotic activity. An effective approach to increasing the genetic diversity of the initial material is radiation mutagenesis.

Purpose of research. To study the effect of γ -irradiation of seeds on germination, morphometric parameters and duration of phenophases of Russian bean varieties and to determine the optimal dose of γ -radiation for the radiation mutagenesis protocol.

Materials and Methods. Objects of the study – 3 bean varieties bred by Omsk State Agrarian University. The seeds were γ -irradiated (source – ^{60}Co) at doses of 50–200 Gy (dose rate 60 Gy/hour). The seeds were germinated under controlled conditions; germination energy and germination were assessed. The hypocotyl length, number and length of roots were measured in seedlings. The duration of development phases and productivity of plants were assessed. Statistical analysis was performed in R (ver. 4.3.3) and MS Office Excel 2019.

Results. Hormesis effect was noted for 50 Gy γ -irradiation dose, which was manifested in higher values of germination energy and seed germination (variety Pamyati Ryzhkova), hypocotyl length (variety Marusya and Pamyati Ryzhkova) and in a decrease in the phenophases duration (variety Omskiy Rubin). Gamma irradiation at all applicable doses statistically significantly inhibited root development. Root length, as the most sensitive parameter to radiation, was chosen to calculate the dose causing a 50% growth reduction (RD50). For the Marusya variety, RD50 was 40 Gy, for the Pamyati Ryzhkova and Omskiy Rubin varieties – 60 Gy.

Conclusion. Variety specificity was established in the reaction to seed irradiation. Doses of 50 Gy or less (10-50 Gy) can be used to study the hormetic effects of γ -irradiation of bean seeds. Doses of 100 and 200 Gy turned out to be lethal. Starting doses of 40-60 Gy are recommended for the radiation mutagenesis protocols of Russian bean varieties.

KEYWORDS:

radiobiology, radiation mutagenesis, ionizing radiation, grain beans, vegetable beans, hormesis

Введение

Успешная работа селекционера растений зависит, во многом, от исходного материала и от достаточного разнообразия целевого признака. Увеличить генетическое разнообразие можно с помощью индуцированного мутагенеза. В конце 1920-х годов Л. Стадлер показал, что ионизирующее излучение способно индуцировать мутации у растений [1], вследствие чего в середине/второй половине прошлого столетия использование ионизирующего излучения для индукции мутаций внесло значительный вклад в глобальную продовольственную безопасность и адаптацию сельскохозяйственных культур к изменению климата. Одним из доказательств этого утверждения служит база данных мутантных сортов, поддерживаемая объединенным центром Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO) и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), как хранилище информации об официально выпущенных мутантных сортах сельскохозяйственных культур (<http://mvgs.iaea.org>). К настоящему времени из 3 433 полученных с помощью мутационной селекции сортов для *Phaseolus vulgaris* L. зарегистрировано 59 записей, из них всего 4 принадлежат СССР/Российской Федерации и только 2 были получены при помощи радиационного мутагенеза: мутантный сорт Харьковская-8 (1985 год; γ -облучение в дозе 150 Гр) и Сапарке-75 (1967 год; γ -облучение в дозе 70 Гр).

Благодаря прогрессу молекулярной генетики, современным геномным и биоинформатическим подходам и новым знаниям молекулярных основ мутагенеза, с начала XXI века мутационная селекция претерпевает свое возрождение. Создание новых мутантных сортов сельскохозяйственных культур, в том числе фасоли, необходимо для сохранения урожайности в условиях изменения климата (потепления, частых засух, быстрого засоления почв и трансграничного распространения вредителей и болезней).

Практические успехи селекции за последние годы свидетельствуют об имеющемся потенциале повышения продуктивности сортов растений. Однако идеальных сортов нет в производстве, их создание считается делом отдаленной перспективы. Современное направление селекции фасоли нацелено на увеличение содержания белка в семенах и зеленых бобах, а также витаминов, фолиевой кислоты, биологически активных веществ, антиоксидантов, улучшение органолептических свойств и уменьшение содержания антипитательных веществ и т. д. При создании исходного материала для селекции также важны следующие признаки:

устойчивость к биотическим и абиотическим факторам, стабильный высокий урожай, технологичность, кустовой тип и прямостоячая форма [2-5]. Кроме представленных признаков отбор исходного материала фасоли обыкновенной ведется на высокую симбиотическую активность [6, 7]. Высокоэффективные растительно-микробные системы в агроценозах могут создаваться путем селекции новых сортов бобовых с высоким симбиотическим потенциалом [7] или путем выращивания органическим способом [8].

Учитывая межвидовые и внутривидовые различия в уровне радиочувствительности [9], для успешного применения γ -излучения в качестве мутагенного агента в селекции фасоли необходимо проведение ряда радиобиологических исследований. Целью данного исследования является изучение влияния γ -облучения семян на всхожесть, морфометрические параметры и продолжительность фаз отечественных сортов фасоли и определение оптимальной дозы γ -излучения для протокола радиационного мутагенеза.

Материалы и методы

Объектами исследования стали сорта *Phaseolus vulgaris* L. селекции Омского ГАУ: 2 сорта фасоли овощной: Маруся, Памяти Рыжковой, и сорт фасоли зерновой – Омский Рубин [10-12].

Сухие семена (урожай 2023 года) фасоли подвергли γ -облучению на уникальной научной установке ГУР-120 (источник – ^{60}Co , НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ) в дозах 50, 100 и 200 Гр с мощностью дозы 60 Гр/час в трех повторностях (по 35 семян в каждой). Диапазон доз выбирался, исходя из рекомендуемых для облучения семян фасоли доз 80-160 Гр [13].

После облучения семена проращивали на песке в контролируемых условиях при температуре 22...23°C в термостате учебной лаборатории ФГБОУ ВО Омского ГАУ. Посевные качества семян устанавливали по ГОСТ–12038–84: энергию прорастания определяли на 4-е сутки, всхожесть – на 7-е сутки.

У 50 проростков каждой группы измеряли длину гипокотыля, количество и длину корней на 7-е сутки.

Для оценки последующих фаз развития и семенной продуктивности по 15 растений каждой группы (по 60 растений каждого сорта) пересаживали в кассеты и стаканчики, наполненные почвосмесью для овощной рассады. Растения выращивались при освещении люминесцентными лампами (OSRAM Fluora) в условиях 24-ти часового светового периода при температуре 22-23 °C и влажности 85-90,5%.

Для статистического анализа использовали среду программирования R версии 4.3.3 и MS Office Excel 2019. Гипотезу о нормально распределенной совокупности проверяли при выполнении теста Шапиро-Уилка. После подтверждения необходимости применения непараметрических подходов для сравнения показателей исследуемых сортов применяли непараметрический дисперсионный анализ (критерий Крускала-Уоллеса с апостериорным тестом Данна (с поправкой на множественность FDR (False Discovery Rate))). Для попарного сравнения использовался тест Манна-Уитни (*U*-тест). Корреляционный анализ выполнен при помощи ранговой корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Сравнение данных в описании результатов приве-

дены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [IQR]).

Результаты и обсуждение

Гамма-облучение семян фасоли не повлияло на энергию прорастания и всхожесть семян сорта Маруся (табл. 1). Облучение в дозе 50 Гр статистически значимо увеличило оба оцениваемых параметра прорастания у сорта Памяти Рыжковой. Для семян сорта Омский Рубин доза 100 Гр статистически значимо ингибировала энергию прорастания (табл. 1). Ингибирующий эффект, однако, был менее очевиден на 7-ой день после закладки на прорастание.

Следует отметить, что изучаемые сорта различаются по энергии прорастания и всхожести семян

Таблица 1. Энергия прорастания и всхожесть семян фасоли в зависимости от доз облучения, %
Table 1. Germination energy and germination capacity of bean seeds depending on irradiation doses, %

Дозы, Гр	Маруся		Памяти Рыжковой		Омский Рубин	
	Me	IQR	Me	IQR	Me	IQR
Энергия прорастания, %						
контроль	31,4	8,6	25,7	11,5	82,9	12,9
50	48,6	10,0	48,6*(p=0,02)	7,2	20,0	10,0
100	42,9	11,5	37,1	8,6	14,3*(p=0,01)	10,0
200	42,9	18,6	34,3	15,8	77,1	8,6
Всхожесть, %						
контроль	57,1	8,6	45,7	5,8	80,0	5,7
50	54,3	8,6	57,1*(p=0,03)	5,7	25,7	11,4
100	65,7	12,9	51,4	8,6	25,7	5,7
200	54,3	12,9	42,9	17,2	94,3	7,2

Me – медиана; IQR – межквартильный размах / Me – median; IQR – interquartile range

* – статистически значимые различия от контроля (критерий Манна-Уитни) / * – statistically significant differences from control (Mann-Whitney test)

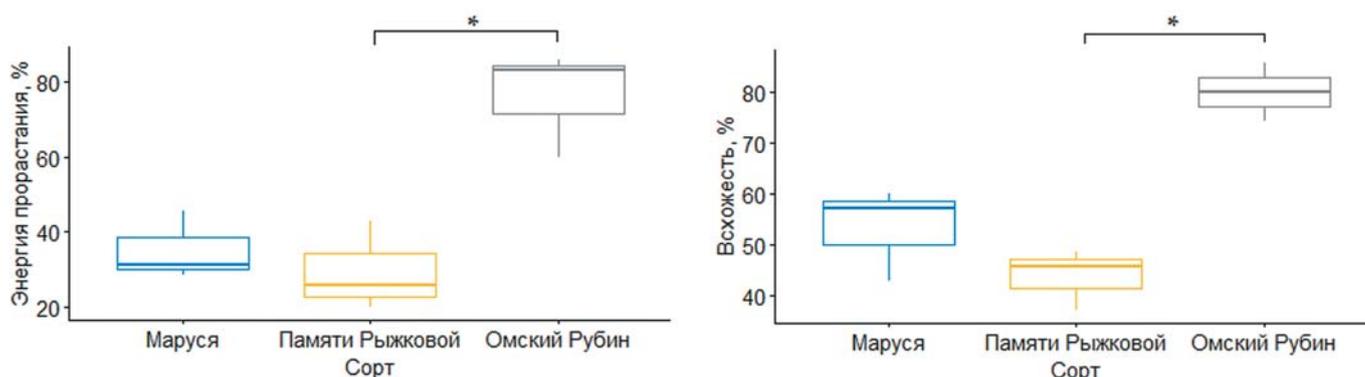


Рис. 1. Энергия прорастания и всхожесть контрольных групп семян фасоли

* – статистически значимые различия (критерий Манна-Уитни, $p < 0,05$)

Fig. 1. Germination energy and germination capacity of control bean seeds

* – statistically significant differences (Mann-Whitney test, $p < 0,05$)

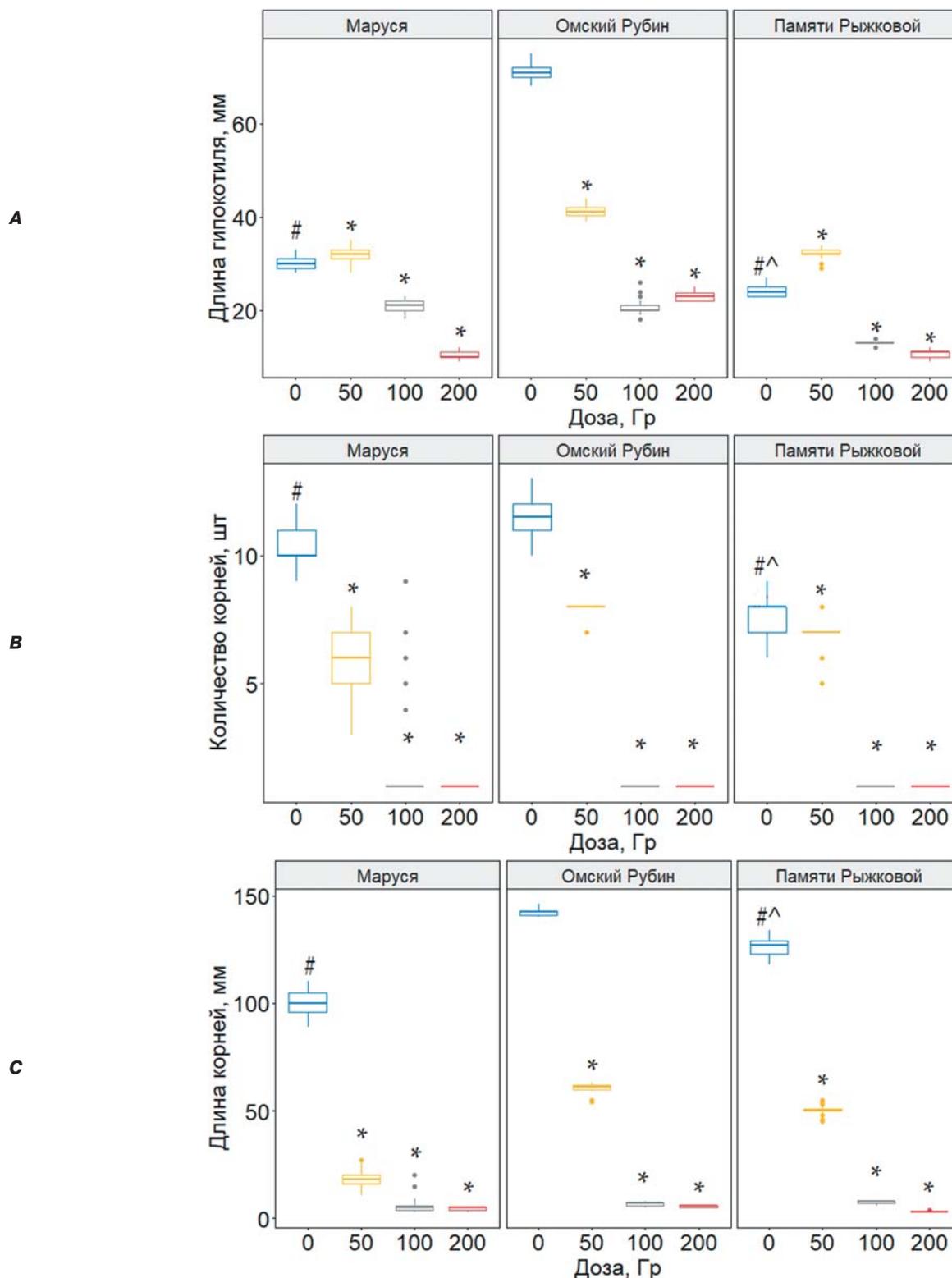


Рис. 2. Длина гипокотиля, количество и длина корней у проростков, выросших из γ -облученных семян
 * – статистически значимые различия от контроля (0) того же генотипа, № – статистически значимые различия от контроля сорта Омский Рубин, ^ – статистически значимые различия от контроля сорта Маруся (критерий Крускала-Уоллеса)
Fig. 2. Hypocotyl length, number and length of roots in seedlings grown from γ -irradiated seeds
 * – statistically significant differences from the control (0) of the same genotype, № – statistically significant differences from the control variety Omskiy Rubin, ^ – statistically significant differences from the control variety Marusya (Kruskal-Wallis test)

в контроле. Наилучшие показатели (82,9 и 80,0 %, соответственно) отмечены для фасоли зерновой Омский Рубин (рис. 1).

Дальнейшее развитие проростков оценивали по длине гипокотиля, количеству и длине корней. В контроле исследуемые сорта статистически значительно различались по этим параметрам (рис. 2A-C).

Наибольшие значения зафиксированы для сорта Омский Рубин. Между сортами фасоли овощной также отмечены статистически значимые различия: сорт Маруся выделяется большей длиной гипокотиля (30[2] мм) и количеством корней (10[1] шт.), по сравнению с сортом Памяти Рыжковой (24[2] мм и 8[1] шт., соответственно). Несмотря на меньшее

количество боковых корней, общая длина корней статистически значимо выше у сорта Памяти Рыжковой (127[6] мм) по отношению к сорту Маруся (100[9] мм).

Гамма-облучение во всех применимых дозах статистически значимо влияло на длину hypocotyla, количество и длину корней у всех исследованных

сортов. Дозозависимый ингибирующий эффект на количество и длину корней зарегистрирован для всех трех сортов. Снижение длины корней в зависимости от дозы и мощности дозы описано у люпина желтого при изучении влияния γ -облучения семян на внутрисортную изменчивость количественных признаков [13].

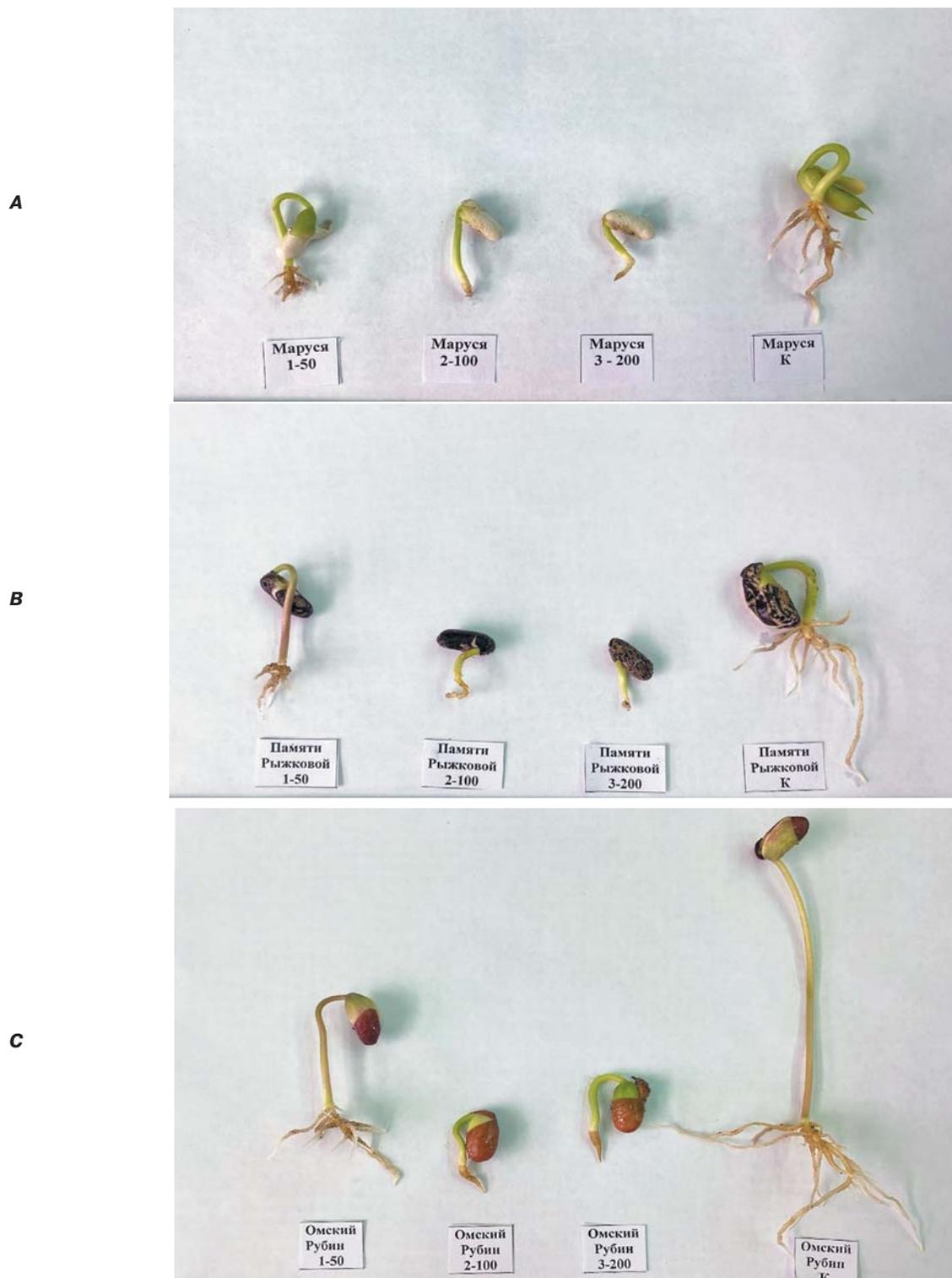


Рис. 3. Примеры развития корневой системы сортов А) Маруся, В) Памяти Рыжковой, С) Омский Рубин К – контроль (необлученный), 1-50 – облученные в дозе 50 Гр, 2-100 – облученные в дозе 100 Гр, 3-200 – облученные в дозе 200 Гр
Fig. 3. Examples of the root system development in varieties А) Marusya, В) Pamyati Ryzhkovoj, С) Omskij Rubin К – control (non-irradiated), 1-50 – irradiated at a dose of 50 Gy, 2-100 – irradiated at a dose of 100 Gy, 3-200 – irradiated at a dose of 200 Gy

Пример развития корневой системы фасоли представлен на рисунке 3. Под влиянием γ -облучения в дозах 100 и 200 Гр корневая система не развивалась и растения погибали.

В случае с длиной hypocotyla, кроме ингибирующего эффекта в дозах 100 и 200 Гр, отмечено явное стимулирующее действие в дозе 50 Гр для сортов фасоли овощной Маруся и Памяти Рыжковой (рис. 2А), что интересно, так как считается, что hypocotyl относительно нечувствителен к облучению, поскольку рост здесь определяется главным образом удлинением клеток, а не их делением [9, стр. 173].

Корреляционный анализ показал статистически значимую положительную корреляцию между длиной hypocotyla и длиной корней как в контроле ($\rho=0,45$ при $p<0,0001$), так и у облученных проростков (Маруся: $\rho=0,75$ при $p<0,0001$; Памяти Рыжковой: $\rho=0,77$ при $p<0,0001$; Омский Рубин: $\rho=0,82$ при $p<0,0001$). Следует отметить, что сила корреляции выше у облученных растений.

Влияние облучения проявилось и на длине растений во время образования бутонов (рис. 4). В контроле наивысшие значения этого параметра зарегистрированы у сорта зерновой фасоли Омский Рубин (52[5,5] см), а наименьшие – у сорта Маруся (20[3] см). Гамма-излучение в дозе 50 Гр статистически значимо ингибировало длину растений на стадии образования бутонов у всех исследованных генотипов (рис. 4).

Вследствие нарушений развития корней, из 630 семян трех сортов, облученных в дозах 100 и 200 Гр, выжило только 6 растений сорта Омский Рубин в группе 100 Гр. Длина этих 6 растений была статистически значимо больше, чем в контрольной группе: 73,5[13,5] см и 52[5,5] см, соответственно (рис. 4).

Облучение семян изменило сроки наступления и продолжительность фаз. У сорта Маруся период «образование бутонов – цветение» длился 30 суток в контрольной группе и 34 – в группе 50 Гр;

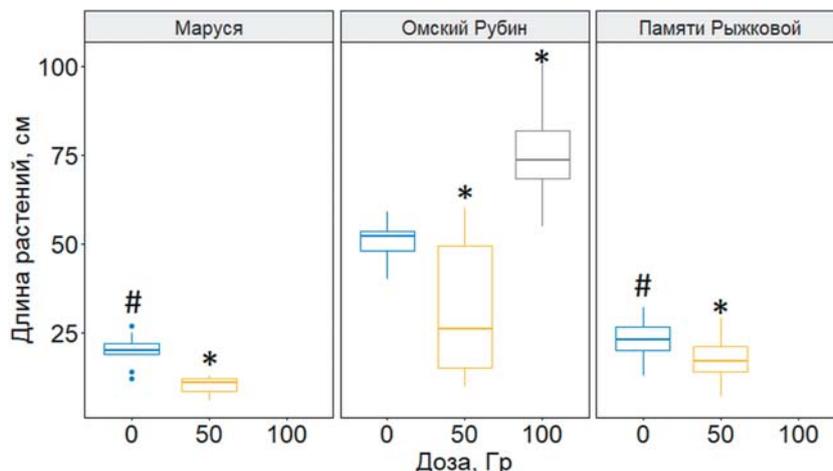


Рис. 4. Длина растений во время образования бутонов

* – статистически значимые различия от контроля (0) того же генотипа, № – статистически значимые различия от контроля сорта Омский Рубин (критерий Крускала-Уоллеса)

Fig. 4. Plant length during bud formation

* – statistically significant differences from the control (0) group of the same genotype, № – statistically significant differences from the control group of the variety Omskiy Rubin (Kruskal-Wallis test)

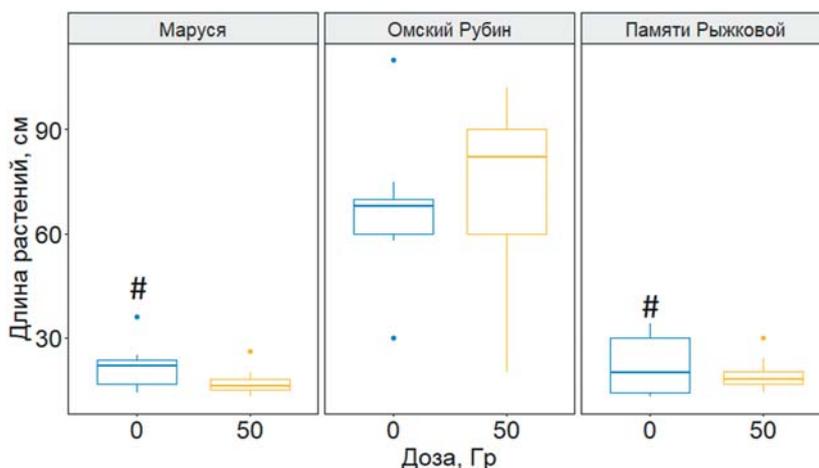


Рис. 5. Длина растений во время развития бобов

№ – статистически значимые различия от контроля сорта Омский Рубин (критерий Крускала-Уоллеса)

Fig. 5. Plant length during bean formation

№ – statistically significant differences from the control group of the variety Omskiy Rubin (Kruskal-Wallis test)

период «цветение – техническая спелость» увеличился с 44 суток в контроле до 52 суток в группе облучения; вегетационный период также увеличился до 109 суток у облученных растений, в сравнении с 92 у необлученных. У сорта Памяти Рыжковой не отмечено явных изменений в периоде «образование бутонов – цветение»; продолжительность «цветение – техническая спелость» и вегетационный период увеличились на 2 суток (с 48 и 90 суток в контроле до 50 и 92 суток в группе облучения, соответственно). Для сорта Омский Рубин, наоборот, отмечено ускорение переходов фаз под влиянием γ -облучения в дозе 50 Гр: период «образование бутонов – цветение» и вегетационный период уменьшились с 37 и 92 суток в контроле до 35 и 89 суток у облученных растений, соответственно.

Длина растений повторно измерялась во время образования бобов (рис. 5). Не отмечено статистически значимого влияния γ -излучения в дозе 50 Гр на этот показатель, в то время как влияние генотипа сохранилось (из необлученных растений наибольшие значения длины зарегистрированы у сорта Омский Рубин – 68[10] см, по сравнению с 22[7] см у сорта Маруся и 20[16] см у Памяти Рыжковой).

Из шести выживших растений сорта Омский Рубин в группе 100 Гр только одно растение зацвело (рис. 6) и образовало 1 боб с 1 семенем.

В результате исследований были получены семена М2 сортов фасоли овощной Маруся, Памяти Рыжковой и фасоли зерновой Омский рубин, высеянные в июне 2024 года в поле Учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ для дальнейшего наблюдения.

Таким образом, в ходе пилотного эксперимента по γ -облучению трех сортов *P. vulgaris* L. селекции Омского ГАУ в дозах 50, 100 и 200 Гр, для дозы 50 Гр отмечен гормезисный эффект [14], который проявился в более высоких значениях энергии прорастания и всхожести семян (сорт Памяти Рыжковой), длины гипокотыля (сорта Маруся и Памяти Рыжковой) и в уменьшении продолжительности фенофаз (сорт Омский Рубин). Дозы менее 50 Гр, возможно, проявят более выраженный стимулирующий эффект. Для сортов фасоли турецкой селекции, к примеру, показано, что γ -облучение семян в дозах 10 и 20 Гр нивелировали негативные последствия выращивания на фоне засухи и улучшили вегетативный рост за счет изменений аминокислотного профиля [15]. Участие свободных аминокислот (γ -аминомасляная кислота, β -аланин, аргинин, лизин, глутамин, метионин) и сигнальной молекулы метилглиоксаля в проявлении эффекта



Рис. 6. Образование бутона у растения сорта Омский Рубин в группе облучения 100 Гр
Fig. 6. Bud development in a plant of the Omskij Rubin variety in the 100 Gy irradiation group

радиационного гормезиса после малых доз γ -облучения было также доказано для семян ячменя [16].

Гамма-облучение во всех применимых дозах статистически значимо ингибировало развитие корней, поэтому длина корней, как наиболее чувствительный к облучению параметр, была выбрана для расчета RD_{50} (50% growth reduction dose) – дозы, вызывающей 50-процентное сокращение роста. Для сорта Маруся RD_{50} составила примерно 40 Гр и 60 Гр – для сортов Памяти Рыжковой и Омский Рубин.

Заключение

Установлена сортоспецифичность в реакции на облучение семян, в большей степени выделив сорт фасоли зерновой Омский Рубин, который оказался более устойчив, чем сорта фасоли овощной Памяти Рыжковой и Маруся.

Для изучения гормезисных эффектов γ -облучения семян фасоли, в том числе в комбинации с другими стрессовыми факторами (дефицит воды, повышенные температуры, засоление) могут быть использованы дозы 50 Гр и менее (10-50 Гр).

В протоколах радиационного мутагенеза отечественных сортов фасоли рекомендуются стартовые дозы 40-60 Гр. Дозы 100 и 200 Гр оказались летальными.

• Литература

1. Stadler L.J. Mutations in Barley Induced by X-Rays and Radium. *Science*. 1928;68(1756):186–7.
2. Beaver J.S., Osorno J.M. Achievements and limitations of contemporary common bean breeding using conventional and molecular approaches. *Euphytica*. 2009;(168):145–175. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9911-x>
3. Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Уфимцева С.В., Смирнов И.В. Сортовые и технологические особенности выращивания фасоли обыкновенной на семена в южной лесостепи западной Сибири как фактор устойчивости сельских территорий. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020;(84):164–168. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-84-164-168> <https://www.elibrary.ru/vauozo>
4. Lanna A.C., Silva R.A., Ferraresi T.M., Mendonça J.A., Coelho G.R.C., Moreira A.S., Valdisser P.A.M.R., Brondani C., Vianello R.P. Physiological characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under abiotic stresses for breeding purposes. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(31):31149–31164. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3012-0>
5. Appiah-Kubi D., Asibuo J.Y., Butare L., Yeboah S., Appiah-Kubi Z., Kena A.W., Tuffour H.O., Akromah R. Heat Stress Tolerance: A Prerequisite for the Selection of Drought- and Low Phosphorus-Tolerant Common Beans for Equatorial Tropical Regions Such as Ghana. *Plants*. 2022;11(18):2352. <https://doi.org/10.3390/plants11182352>
6. Garipova S.R., Markova O.V., Samigullin S.N. Productiveness and nodule ability of different varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Urals conditions. *Agricultural Biology*. 2015;50(1):55–62. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.1.55rus> <https://elibrary.ru/tneopj>
7. Якубенко О.Е., Паркина О.В., Ван Ч., Нгуен Н. Оценка сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*) на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья. *Овощи России*. 2023;(2):35–40. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40> <https://elibrary.ru/rfaws>
8. Park H.E., Nebert L., King R.M., Busby P., Myers J.R. Influence of organic plant breeding on the rhizosphere microbiome of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Front Plant Sci*. 2023;14:1251919. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1251919>
9. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagawa H. Plant mutation breeding and biotechnology. Cambridge, Mass: CAB International; 2012. 608 p.
10. Казыдуб Н.Г., Коцюбинская О.А., Коваленко А.Н. Агробиологический паспорт сорта фасоли овощной Маруся. *Овощи России*. 2022;(1):39–45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-39-45> <https://elibrary.ru/clijzz>
11. Коцюбинская О.А., Казыдуб Н.Г., Антошкин А.А. Продуктивность сортов фасоли овощной селекции Омского ГАУ в южной лесостепи Западной Сибири. *Овощи России*. 2020;(1):64–69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-64-69> <https://elibrary.ru/byscfn>
12. Казыдуб Н.Г., Коцюбинская О.А., Кузьмина С.П., Плетнева М.М. Фасоль зерновая и овощная в Западной Сибири: селекция, агротехника, использование. Омск : Омский ГАУ, 2022. 226 с. ISBN 978-5-907507-38-8. <https://elibrary.ru/aggctw>
13. Новик Н.В., Гераскин С.А., Якуб И.А. Влияние γ -облучения семян на внутрисортовую изменчивость количественных признаков люпина желтого. *Радиационная биология. Радиэкология*. 2022;62(6):620–628. <https://doi.org/10.31857/S086980312206008X> <https://elibrary.ru/xisbra>
14. Volkova P.Yu., Bondarenko E.V., Kazakova E.A. Radiation hormesis in plants. *Current Opinion in Toxicology*. 2022;(30):100334. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2022.02.007>
15. Ulukapi K., Nasircilar A.G. Hormetic Response of Low Dose Gamma on *Phaseolus Vulgaris* L. Under Drought Stress: Proteinogenic Amino Acids Profile. *Gesunde Pflanzen*. 2023;(75):1087–1098. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00769-1>
16. Pishenin I., Gorbatova I., Kazakova E., Podobed M., Mitsenyk A., Shesterikova E., Dontsova A., Dontsov D., Volkova P. Free Amino Acids and Methylglyoxal as Players in the Radiation Hormesis Effect after Low-Dose γ -Irradiation of Barley Seeds. *Agriculture*. 2021;(11):918. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100918>

• References

1. Stadler L.J. Mutations in Barley Induced by X-Rays and Radium. *Science*. 1928;68(1756):186–7.
2. Beaver J.S., Osorno J.M. Achievements and limitations of contemporary common bean breeding using conventional and molecular approaches. *Euphytica*. 2009;(168):145–175. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9911-x>
3. Kazydub N.G., Kuzmina S.P., Ufimtseva S.V., Smirnov I.V. Study of some receipts of making new varieties of fruits on seeds in conditions of southern forest-steppe of Western Siberia. *Proceedings of the Kuban State Agricultural University*. 2020;(84):164–168. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-84-164-168> <https://www.elibrary.ru/vauozo>
4. Lanna A.C., Silva R.A., Ferraresi T.M., Mendonça J.A., Coelho G.R.C., Moreira A.S., Valdisser P.A.M.R., Brondani C., Vianello R.P. Physiological characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under abiotic stresses for breeding purposes. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(31):31149–31164. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3012-0>
5. Appiah-Kubi D., Asibuo J.Y., Butare L., Yeboah S., Appiah-Kubi Z., Kena A.W., Tuffour H.O., Akromah R. Heat Stress Tolerance: A Prerequisite for the Selection of Drought- and Low Phosphorus-Tolerant Common Beans for Equatorial Tropical Regions Such as Ghana. *Plants*. 2022;11(18):2352. <https://doi.org/10.3390/plants11182352>
6. Garipova S.R., Markova O.V., Samigullin S.N. Productiveness and nodule ability of different varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Urals conditions. *Agricultural Biology*. 2015;50(1):55–62. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.1.55rus> <https://elibrary.ru/tneopj>
7. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Wang Zh., Nguyen N. Evaluation of green beans (*Phaseolus vulgaris*) varieties for adaptability and noble-forming ability in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):35–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-35-40> <https://elibrary.ru/rfaws>
8. Park H.E., Nebert L., King R.M., Busby P., Myers J.R. Influence of organic plant breeding on the rhizosphere microbiome of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Front Plant Sci*. 2023;14:1251919. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1251919>
9. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagawa H. Plant mutation breeding and biotechnology. Cambridge, Mass: CAB International; 2012. 608 p.
10. Kazydub N.G., Kotsyubinskaya O.A., Kovalenko A.N. Agroecological passport of the Marusya green bean variety. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(1):39–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-1-39-45> <https://elibrary.ru/clijzz>
11. Kotsyubinskaya O.A., Kazydub N.G., Antoshkin A.A. The productivity of common beans vegetable selection Omsk State Agrarian University in southern forest-steppe of Western Siberia. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(1):64–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-64-69> <https://elibrary.ru/byscfn>
12. Kazydub N.G., Kotsyubinskaya O.A., Kuzmina S.P., Pletneva M.M. Grain and vegetable beans in Western Siberia: selection, agricultural technology, use. Omsk State Agrarian University, 2022. 226 p. ISBN 978-5-907507-38-8. (In Russ.) <https://elibrary.ru/aggctw>
13. Novik N.V., Geras'kin S.A., Yakub I.A. Effect of γ -irradiation of seeds on intravariety variability of quantitative characters of yellow lupin. *Radiation biology. Radioecology*. 2022;62(6):620–628. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S086980312206008X> <https://elibrary.ru/xisbra>
14. Volkova P.Yu., Bondarenko E.V., Kazakova E.A. Radiation hormesis in plants. *Current Opinion in Toxicology*. 2022;(30):100334. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2022.02.007>
15. Ulukapi K., Nasircilar A.G. Hormetic Response of Low Dose Gamma on *Phaseolus Vulgaris* L. Under Drought Stress: Proteinogenic Amino Acids Profile. *Gesunde Pflanzen*. 2023;(75):1087–1098. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00769-1>
16. Pishenin I., Gorbatova I., Kazakova E., Podobed M., Mitsenyk A., Shesterikova E., Dontsova A., Dontsov D., Volkova P. Free Amino Acids and Methylglyoxal as Players in the Radiation Hormesis Effect after Low-Dose γ -Irradiation of Barley Seeds. *Agriculture*. 2021;(11):918. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100918>

Об авторах:

Ольга Андреевна Коцюбинская – кандидат с.-х. наук, старший преподаватель кафедры садоводства, лесного хозяйства и защиты растений, <https://orcid.org/0000-0003-1479-772X>, Scopus ID 5719776571, SPIN-код: 9266-8577,

автор для переписки, oa.kotsyubinskaya@omgau.org

Екатерина Валерьевна Бондаренко – кандидат биол. наук, зав. лаборатории молекулярно-клеточных основ сельскохозяйственной радиобиологии, <https://orcid.org/0000-0002-7937-3824>, Scopus ID 57200545555, SPIN-код: 6141-9343

Нина Григорьевна Казыдуб – доктор с.-х. наук, профессор кафедры садоводства, лесного хозяйства и защиты растений, <https://orcid.org/0000-0002-2234-9647>, Scopus ID 571962559502, SPIN-код: 8100-7068

Яна Александровна Блинова – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-клеточных основ сельскохозяйственной радиобиологии, <https://orcid.org/0000-0002-3670-5876>, Scopus ID 57200545555, SPIN-код: 6965-5837

About the Authors:

Olga A. Kotsyubinskaya – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Lecturer at the Department of Horticulture, Forestry and Plant Protection, <https://orcid.org/0000-0003-1479-772X>,

Scopus ID 57197765715, SPIN-code: 9266-8577,

Correspondence Author, oa.kotsyubinskaya@omgau.org

Ekaterina V. Bondarenko – Cand. Sci. (Biology), Head of Laboratory of Molecular and Cellular Radiobiology, <https://orcid.org/0000-0002-7937-3824>,

Scopus ID 57200545555, SPIN-code: 6141-9343

Nina G. Kazydub – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture, Forestry and Plant Protection, <https://orcid.org/0000-0002-2234-9647>,

Scopus ID 571962559502, SPIN-code: 8100-7068

Yana A. Blinova – Junior Researcher at the Laboratory of Molecular and Cellular Radiobiology, <https://orcid.org/0000-0002-3670-5876>, Scopus ID 57200545555, SPIN-code: 6965-5837

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-45-51>
УДК: 635.652.2(571.15)

С.В. Жаркова*, А.С. Филиппова

ФГБОУ ВО Алтайский
государственный аграрный университет
Барнаул, Россия

*Автор для переписки:
stalina_zharkova@mail.ru

Вклад авторов: С.В. Жаркова: концептуализация, проведение исследований, визуализация/представление данных, верификация данных, написание рукописи и ее редактирование. А.С. Филиппова: концептуализация, проведение исследований, визуализация/представление данных, верификация данных.

Конфликт интересов. Жаркова С.В. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2017 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятие в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Жаркова С.В., Филиппова А.С. Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) в Алтайском крае. *Овощи России*. 2025;(1):45-51. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-45-51>

Поступила в редакцию: 24.09.2024

Принята к печати: 20.11.2024

Опубликована: 28.12.2024

Stalina V. Zharkova*, Anastasia S. Filippova

Altai State Agricultural University
Barnaul, Russia

*Correspondence Author: stalina_zharkova@mail.ru

Authors' Contribution: S.V. Zharkova: conceptualization, research, visualization/presentation of data, data verification, writing the manuscript and editing it. A.S. Filippova: conceptualization, research, visualization/presentation of data, data verification.

Conflict of interest. S.V. Zharkova has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2017, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Zharkova S.V., Filippova A.S. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Altai region. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):45-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-45-51>

Received: 29.09.2024

Accepted for publication: 20.11.2024

Published: 28.12.2024

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) в Алтайском крае



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Усиление продовольственной безопасности России – одна из важнейших задач и основная цель сельхозпроизводителей и учёных нашей страны. Введение в производственный процесс новых или недостаточно освоенных производителями сельскохозяйственных культур, что способствует выполнению поставленных Правительством РФ задач, использование адаптированных к условиям возделывания высокоурожайных сортов, интенсификация агротехнологий или их элементов – в настоящее время это актуальные и выполнимые задачи.

Материалы и методы. На учебно-опытном поле ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ в 2021-2022 годах изучено 9 сортов фасоли обыкновенной и 3 местные формы предгорного района Алтайского края: реакцию и отзывчивость на условия Приобской зоны Алтайского края.

Результаты. В настоящее время фасоль обыкновенная в Сибирском регионе представляет интерес не только садоводам-любителям, но и производителям. Исследования дали возможность отобрать наиболее адаптированные к условиям Приобской зоны Алтайского края сортообразцы фасоли обыкновенной. Выявлена различная отзывчивость сортообразцов на условия зоны. Техническая спелость отмечена у всех сортообразцов в опыте. Средняя урожайность составила 1,09 т/га. Достоверное превышение урожайности стандарта – 1,56 т/га получили у сортообразца Мф1 – 1,82 т/га. На уровне стандарта урожайность получена у сортов: Бусинка – 1,37 т/га, Зебра – 1,44 т/га и Мф 2 – 1,58 т/га. Урожайность сортов в условиях проведения опыта получена ниже представленной оригинаторами при описании сортов. Величина массы 1000 зёрен в опыте значительно варьировала. Превышение массы 1000 зёрен стандарта (318,7 г) получили у сортообразцов Мф1 (436,2 г) и Мф2 (394,2 г).

Заключение. На основании полученных данных как эффективные для дальнейшей производственной и научной работы выделены три сорта: Сиреневая, Зебра, Бусинка и две местные формы: Мф1 и Мф2.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

фасоль обыкновенная, сорт, местная форма, условия, урожайность, масса 1000 зёрен, отклонения, отзывчивость, достоверность, продуктивность

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Altai region

ABSTRACT

Relevance. Strengthening Russia's food security is one of the most important tasks and the main goal of agricultural producers and scientists in our country. The introduction of new or insufficiently mastered agricultural crops into the production process, which contributes to the fulfillment of the tasks set by the Government of the Russian Federation, the use of high-yielding varieties adapted to the conditions of cultivation, the intensification of agrotechnologies or their elements – these are currently relevant and feasible tasks.

Materials and Methods. In 2021-2022, 9 varieties of common beans and 3 local forms of the foothill region of the Altai Territory were studied at the educational and experimental field of the Altai State Agrarian University: reaction and responsiveness to the conditions of the Ob zone of the Altai Territory.

Results. Currently, common beans in the Siberian region are of interest not only to amateur gardeners, but also to manufacturers. Our research made it possible to select the most adapted varieties of common beans to the conditions of the Priobskaya zone of the Altai Territory. The different responsiveness of varietal samples to the conditions of the zone was revealed. Technical maturity was noted in all varieties in the experiment. The average yield obtained from the experiment was 1.09 t/ha. A significant excess of the standard yield – 1.56 t/ha was obtained from the Mf1 variety – 1.82 t/ha. The yield was reliably obtained at the standard level for the varieties: Businka – 1.37 t/ha, Zebra – 1.44 t/ha and Mf2 – 1.58 t/ha. The yield of varieties under the conditions of the experiment is obtained below, presented by the originators when describing the varieties. The mass of 1000 grains varied significantly in the experiment. Mf1 (436.2 g) and Mf2 (394.2 g) received excess weight of 1000 grains from the standard (318.7 g).

Conclusion. Based on the data obtained, three varieties were identified as effective for further production and scientific work: Sirenevaya, Zebra, Businka and two local forms: Mf1 and Mf2.

KEYWORDS:

common beans, variety, local form, conditions, yield, weight of 1000 grains, deviations, responsiveness, reliability, productivity

Введение

Формирование основных отраслей народного хозяйства России, в том числе и агропромышленного комплекса, являющегося одним из основных отраслевых структур российской экономики, в настоящее время активно поддерживается Правительством РФ и Президентом нашей страны. Как отмечают в своей статье Пивоваров В.Ф. и др. (2024), именно от развития агропромышленного комплекса «...зависит национальная безопасность страны, снабжение населения высококачественной продукцией и сырьём, обеспечивающее государственный суверенитет и независимость России...» [1]. Большое внимание развитию сельскохозяйственного сектора экономики, определению вектора развития данной отрасли отражено в указах и постановлениях Правительства РФ и Президента РФ [2,3]. Как наиболее перспективные для сельхозпроизводителей в настоящее время выступают масличные культуры. К масличным культурам относят и некоторые зернобобовые культуры, такие как соя, фасоль и др. [4,5].

Фасоль – одна из наиболее распространенных и востребованных продовольственных культур. По посевным площадям фасоль среди зерновых бобовых культур занимает второе место в мире после сои [6,7,8].

Фасоль в период вегетации посредством процесса симбиотической азотфиксации со штаммом бактерий *Rhizobium phaseoli* может обеспечивать себя азотом и накапливать его в почве. При инфицировании корней растения ризобиями формируется симбиотический аппарат, образуются клубеньки, в которых происходит фиксация азота атмосферы и преобразование его в доступную для растений нитратную форму. Бактерии *Rhizobium phaseoli* не вступают в симбиотическую связь с другими растениями семейства Бобовые, только с фасолью, что важно учитывать при возделывании культуры, как азотфиксатора, и выборе инокулянта [6,9].

Температура, влажность почвы, оптимальные значения кислотности (рН), достаточная обеспеченность макро- и микроэлементами, а также наличие активного штамма бактерий создают благоприятные условия для развития высокоэффективного симбиотического взаимодействия растения с микробными системами, при котором фасоль усваивает из воздуха за вегетацию от 150 до 200 кг азота на 1 га, накапливает и обогащает им почву. Благодаря этому фасоль является ценной культурой в севообороте. Предшественником, повышающим плодородие почвы. Фасоль устойчива к краткосрочным воздействиям засухи и выращиванию на почвах с низким плодородием, благодаря развитой корневой системе разрыхляет почву, способствует накоплению гумуса в ней [8,10]. Использование фасоли в севообороте даст возможность повысить разнообразие культур возделываемых на полях нашего региона.

Кроме агротехнического использования, фасоль обыкновенная, имеет огромное продовольственное и хозяйственное значение. Пищевая ценность фасоли определяется значительным содержанием белка (до 20-40%), витаминов, аминокислот и высокой калорийностью (3450 ккал/кг зерна) и высоким коэффициентом усвояемости. Фасоль необходима в рационе, для полноценного питания населения, употребляющих в основном белок животного происхождения [4,6,11].

Кроме белка в зерне высокое содержание безазотистых экстрактивных веществ (45-55%), клетчатки, жиров и витаминов. В зрелых семенах фасоли содержатся в незначительных количествах глюкозиды, которые разрушаются при кипячении и фасоль становится безвредной для употребления в пищу. Фасоль популярна в кулинарии, консервировании, в диетическом питании, в рационе вегетарианцев. Из нее готовят различные блюда, в том числе диетические при клинических заболеваниях печени и желчного пузыря. Зерно фасоли способно прекрасно храниться несколько лет, не утрачивая свои полезные свойства. Створки фасоли содержат биологически активные вещества и применяются в медицине при лечении сахарного диабета [7,11,12,13].

Новые сорта фасоли, обладающие высокой азотфиксирующей способностью и способностью формировать стабильную урожайность, интересны аграриям и с экономической точки зрения в условиях санкций. Во-первых, высокие объемы потребления бобовых в странах с быстрорастущим населением создают предпосылки для развития торговли и увеличения объемов экспорта фасоли со странами Восточной и Южной Азии (Китай, Индия и др.) в нынешних реалиях. Во-вторых, благодаря симбиотической азотфиксации растения фасоли полностью обеспечивают азотом себя и последующие культуры в севообороте, например, урожай зерновых после фасоли на 20-30% выше, чем после зерновых предшественников. В-третьих, это высокая стоимость реализации зерна (в 2023 года 1 т фасоли стоила от 50 тыс. руб., а в розницу – от 150 руб./кг) [14,15].

На данный момент в Сибири фасоль является одной востребованных зернобобовых культур. В Россию фасоль завезли из Франции в середине 18 века. В то время были известны только два ее вида: фасоль обыкновенная и многоцветковая. Затем во второй половине 19 века русские переселенцы завезли культуру в Сибирь, где ее выращивали в садах купечества и чиновничества, там же и спаржевую фасоль, завезенную из Германии [16].

В дореволюционное время из зерновых бобовых культур были распространены горох и чечевица, в незначительных количествах высевали фасоль и другие зернобобовые культуры. После Великой Октябрьской социалистической революции были значительно расширены в стране площади под фасолью. Так, в начале 50-х годов учёный-селекционер Иванов Н.Р. пишет «правительством было уделено внимание развитию фасоли, как ценной продовольственной культуры» [16,17].

В Западной Сибири в 1933 году в СибНИИСХозе (г. Омск) Чвашаевым Т.З. была начата планомерная селекционная работа с зернобобовыми культурами, главное внимание было сосредоточено на селекции гороха, фасоли и чечевицы. Отбором из инорайонных сортов созданы первый сибирский сорт фасоли – Щедрая (1938). Селекционная работа по зернобобовым культурам в селекционно-опытных учреждениях Сибири проводилась не регулярно и в небольших объемах [18].

В 1971 году в Алтайском крае в АНИИЗиС (ФГБНУ ФАНЦА) была начата селекционная работа с зернобобовыми культурами.

Доля посевных площадей фасоли в посевах зернобобовых культур в Алтайском крае, 2017-2021 гг, %

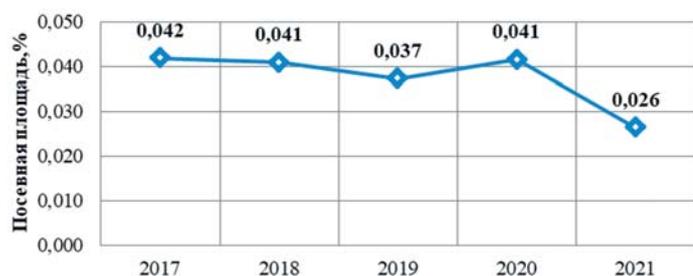


Рис. 1. Доля посевных площадей фасоли в общих посевах зернобобовых культур в Алтайском крае в 2017-2021 годах
Fig. 1. The share of bean sown area in the total crops of leguminous crops in the Altai Territory in 2017-2021

Данные по урожайности фасоли в Алтайском крае, 2017-2021 гг, т/га

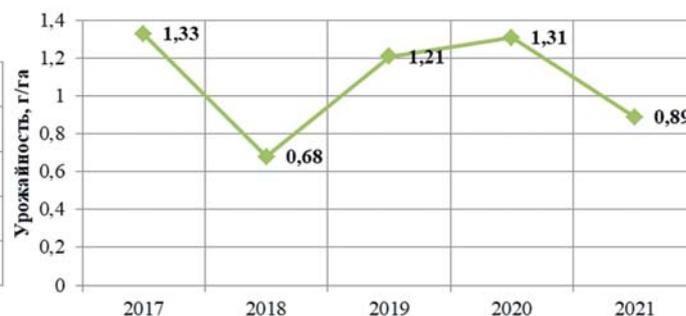


Рис. 2. Урожайность фасоли в хозяйствах всех категорий по Алтайскому краю в 2017-2021 годах
Fig. 2. The yield of beans in farms of all categories in the Altai Territory in 2017-2021

бобовыми культурами. За период с 70-х по 80-е был создан такие сорта фасоли, как фасоль овощная Бийчанка и фасоль обыкновенная вьющаяся Алтайская белая, которые в дальнейшем стали исходным материалом для создания новых алтайских сортов. Сорт Бийчанка долгое время являлся стандартом. В 1994 году в газете «Моя земля» В. Шипилов пишет: «интересно, что среди фасолей, выведенных ныне в Сибири, очень популярен сорт Бийчанка, отличающийся неприхотливостью и высокой урожайностью» [16,19,20].

В начале 90-х годов в АНИИЗИС (ФГБНУ ФАНЦА) с приходом селекционера Васякина Н.И., была сформирована самостоятельная лаборатория селекции зернобобовых культур, в которой была развернута селекционная работа по фасоли. За 13 лет (1990-2003 годы) на основе материала, наработанного в СибНИИСХ (г. Омск), были созданы и внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, сорт фасоли Сиреневая (2000 год) и сорт, созданный совместно с Западно-Сибирской овощной станцией (г. Барнаул) – Бусинка (2003 год) (рис.6-7). Далее селекционная работа по фасоли в Алтайском крае была приостановлена из-за сокращения государственного финансирования [20].

В настоящее время селекционная работа по зернобобовым культурам ведется в Алтайском селекционном центре в лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур ФГБНУ Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий. Лаборатория работает над созданием сортов зернобобовых и кормовых культур: гороха, сои, вики, нута, проса посевного, суданской травы, сорго, рапса, кукурузы, эспарцета и др. В центре для поддержания коллекции ежегодно

высеваются фасоль сортов Сиреневая и Бусинка [20]. В 2023 году в Государственный реестр селекционных достижений по культуре «Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.)» внесен 31 сорт. Данные сорта районированы и предлагаются для возделывания на территории России. В Госреестре единственный сорт фасоли обыкновенной алтайской селекции – Сиреневая (рис.6) [8].

В Алтайском крае по популярности среди зернобобовых культур у производителей фасоль на четвертом месте, она уступает первенство гороху, сое и люпину, но опережает чечевицу. По данным Росстата, в 2021 году посевная площадь фасоли в Алтайском крае составила 49 га, что составило 0,026% от общей посевной площади, занятой зернобобовыми культурами в регионе (рис. 1). Средняя урожайность фасоли с 1 га в Алтайском крае в течение 5 лет составила 1,08 т/га. Колебания показателей в разные годы – от 0,68 до 1,33 т/га (рис. 2) [21].

Производство фасоли на таких небольших посевных площадях, особенно в условиях санкций, не способно удовлетворить спрос потребителей. Недостаточно отработанная агротехника и технология производства фасоли в условиях нашего региона, отсутствие ассортимента современных адаптированных к условиям Алтайского края сортов и качественного семенного материала сдерживают развитие и производство фасоли обыкновенной.

Материал и методика

В условиях Приобской зоны Алтайского края на учебно-опытном поле ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ в 2021-2022 годах было изучено 9 сортов фасоли обыкновенной

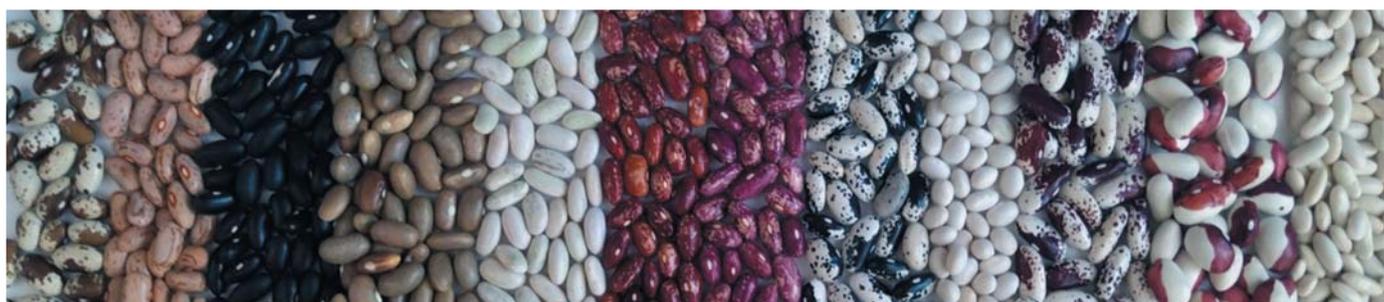


Рис. 3. Объекты исследования (слева направо: зерно сортов: Физкультурница, Омская Юбилейная, Лукерья, Оливковая, Омичка, Бусинка, Сиреневая, Зебра, Нерусса, Местные формы 1-3)
Fig. 3. Objects of study (from left to right variety samples: Fizkulturniza, Omskaya Yubileynaya, Lukerya, Olivkovaya, Omichka, Businka, Sirenevaya, Zebra, Nerussa, Local forms 1-3)

Таблица. Показатели продуктивности фасоли обыкновенной, полученные в Приобской зоне Алтайского края.
Table. Productivity indicators of common beans obtained in the Priobskaya zone of the Altai territory

№ п/п	Сортообразец	Урожайность		Масса 1000 зёрен, г
		т/га	отклонение от стандарта, т/га	
1.	Сиреневая, st	1,56±0,40	-	290,2
2.	Омская Юбилейная	0,99±0,42	-0,57	199,2
3.	Лукерья	1,16±0,30	-0,40	252,0
4.	Оливковая	0,51±0,31	-1,05	258,7
5.	Омичка	0,86±0,43	-0,70	201,3
6.	Бусинка	1,37±0,45	-0,19	265,4
7.	Физкультурница	0,74±0,31	-0,82	318,7
8.	Зебра	1,44±0,55	-0,12	288,0
9.	Нерусса	0,43±0,36	-1,13	165,6
10.	Местная форма 1 (Мф1)	1,82±0,05	+0,26	436,2
11.	Местная форма 2 (Мф2)	1,58±0,66	+0,02	394,2
12.	Местная форма 3 (Мф3)	0,63±0,07	-0,93	167,3
Среднее		1,09	-	269,7
НСР ₀₅ , т/га		0,19	-	-

отечественной селекции, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений и 3 местные формы Алтайского края (рис. 3).

Семена фасоли на опытном участке высевали вручную с нормой посева 400 тыс. всхожих семян на 1 га. Площадь учётной делянки 2 м² в 4-х кратной повторности. Закладку опытных делянок, наблюдения, учёт в процессе роста и развития растений проводили согласно методических указаний [22, 23, 24].

Результаты исследований и их обсуждение

Изменчивость формирования у бобовых культур показателей урожайности, содержания белка в зависимости от реакции сорта на условия окружающей среды отмечают в своих работах многие авторы [4, 14, 18, 25]. Исследования сортообразцов фасоли обыкновенной в сибирском регионе показывают достаточно хорошую отзывчивость культуры на условия региона [7, 15, 18].

Результаты, проведённых нами исследований в условиях Приобской зоны Алтайского края позволяют отметить, что все сортообразцы успешно достигли технической зрелости. Средняя урожайность, полученная по опыту составила 1,09 т/га. Достоверное превышение урожайности стандарта – 1,56 т/га получили у сортообразца Мф1 – 1,82 т/га. Достоверно на уровне стандарта урожайность получена у сортов: Бусинка – 1,37 т/га, Зебра – 1,44 т/га и у Мф2 – 1,58 т/га. Урожайность сортов в условиях проведения опыта получена ниже представленной оригинаторами, что предполагает в последующих исследованиях добавление в технологию возделывания культуры дополнительных элементов (удобрения, стимуляторы роста, биопрепараты, предпосевная обработка семян, использование инокулянтов и т.д.) [26].

Уровень получаемой урожайности во многом зависит от формирования такого показателя, как масса 1000 зерен. Высокая зависимость данных признаков показана многими исследователями [5, 6, 7, 12, 18]. Величина массы 1000 зёрен в опыте значительно варьировала, от 165,6 г (сорт Нерусса) до 436,2 г (Мф1).

Превышение массы 1000 зёрен стандарта (290,2 г) получили у сортообразцов Мф 1 (436,2 г) и Мф2 (394,2 г).

Таким образом, для условий Приобской зоны Алтайского края выявлены наиболее эффективные, с высоким биологическим потенциалом сорта: Сиреневая, Зебра, Бусинка; сортообразцы: Мф1 и Мф2, которые представляют интерес для производителей и селекционной работы.

Сорта, рекомендуемые для условий Приобской зоны Алтайского края

Сорт Сиреневая. Ценный по качеству сорт. Рекомендован для всех зон возделывания культуры. Включен в Госреестр в 2000 году. Родословная сорта: (Щедрая х Бийчанка) х Омская белая. Растения высотой до 50 см, цветки розового цвета, на цветоносе от 4 до 7 шт. Бобы средние, короткие, с пергаментным слоем, слабоизогнутые, зеленые с редкими фиолетовыми штрихами. Семена фиолетовые с белой мозаичностью, эллиптической формы, с белым рубчиком. Масса 1000 семян – 310-384 г (в среднем на 55 г меньше, чем у сорта стандарта Бийчанка). Зерно содержит от 23,9 до 24,1% белка и обладает отличными кулинарными качествами. Vegetационный период от 75 до 92 сут., среднеспелый. Средняя урожайность в Алтайском крае – 1,92 т/га (что на 0,17 т/га выше стандарта Бийчанка) Высоко устойчив в полевых условиях к осыпанию, полеганию, засухе и антракнозу. В слабой степени поражается аскохитозом и бактериозом (рис. 4) [27].

Сорт Бусинка (по состоянию на 2023 год исключен из Госреестра). Рекомендован для возделывания в Алтайском крае. Оригинатор – ГНУ Западно-Сибирская овощная опытная станция. Был включен в Госреестр в 2003 году для всех зон возделывания культуры. Родословная сорта: (Щедрая х Бийчанка) х Алтайская белая. Растение высотой до 56 см, кустовое. Vegetационный период – 89-96 суток (среднепоздний сорт). Семена почковидные, коричневой первичной

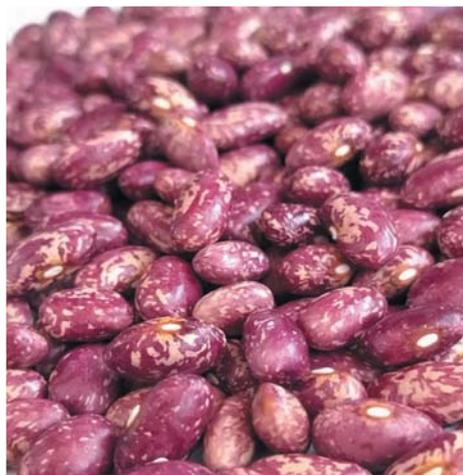


Рис. 4. Сорт фасоли обыкновенной Сиреневая
Fig. 4. Variety of common beans Sirenevaya

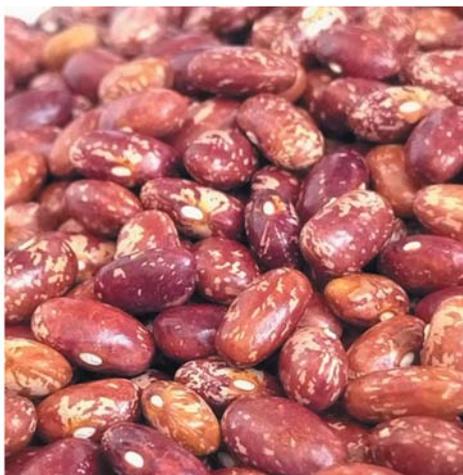


Рис. 5. Сорт фасоли обыкновенной Бусинка
Fig. 5. Variety of common beans Businka



Рис. 6. Сорт Зebra
Fig. 6. Variety Zebra

окраски, с белым рубчиком. Масса 1000 семян – от 285 до 430 г. На уровне стандарта высокоустойчив к осыпанию, полеганию, засухе. Средняя урожайность в Алтайском крае – 2,2 т/га (что на 0,15 т/га выше, чем у стандарта Сиреневая) (рис. 5) [27].

Сорт Зebra. Включен в Госреестр в 2022 году для всех зон возделывания культуры. Рекомендован для возделывания в Омской области. Оригинатор: ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина. Среднеспелый. Время цветения – среднее. Растение средней высоты, кустовое, детерминантного типа. Листья – зеленые, средне-интенсивно окрашены. Цветки – фиолетовые. Бобы – средней длины, слабоизогнутые, однотонные светло-зеленые, с очень слабоизогнутым средней

длины клювиком, форма поперечного сечения – эллиптическая, яйцевидная. Высота прикрепления нижнего боба около 17 см. Семена эллиптической формы продольного сечения, белые с вторичной черной окраской, с содержанием белка от 22,1 до 23,7 %. Масса 1000 семян – от 330 до 340 г. Антракнозом в полевых условиях поражается слабо (рис. 6) [27].

Местные формы

Местные сорта фасоли обыкновенной – это не только сокровища, которые необходимо охранять для будущего, но и важные генетические ресурсы, которые можно использовать в программах селекции фасоли. Они являются важнейшими источниками питательных



Рис. 7. Коллекция ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ местных форм кустового типа фасоли обыкновенной Алтайского края
Fig. 7. Collection of Altai State Agricultural University Local Forms of Bush Beans of the Altai Territory

компонентов для здорового питания [28]. Для изучения хозяйственно ценных признаков в качестве исходного материала для селекции в ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ расширена коллекция местных форм фасоли обыкновенной с разных районов Алтайского края (рис. 7)

Все сортообразцы местных форм (рис. 7) представлены в коллекционном питомнике фасоли обыкновенной, интродуцированы из различных климатических зон Алтайского края. Данные образцы кустовой формы детерминантного типа, либо с завивающейся верхушкой, зернового направления, содержание белка в образцах колеблется от 20,0% до 31,5%.

Заключение

Учитывая морфобиологические особенности *Phaseolus vulgaris* L. и климатические условия Алтайского края, для успешного возделывания необходимы раннеспелые и среднеспелые сорта фасоли. Для увеличения симбиотической активности сортов фасоли с ризобияльными бактериями и тем самым усиления

биологической активности растений необходима инокуляция семян активным штаммом бактерий перед посевом, для повышения клубенькообразующей способности и фиксации атмосферного азота.

В результате проведенного исследования было выявлено, что все наблюдаемые в опыте сортообразцы в условиях Приобской зоны Алтайского края достигли технической зрелости. Средняя урожайность по опыту составила 1,09 т/га. Выделились по величине полученной в зоне исследования урожайности сорта: Лукерья – 1,16 т/га, Бусинка – 1,37 т/га, Зебра – 1,44 т/га, Сиреневая – 1,56 т/га, Местная форма 1 – 1,82 т/га, Местная форма 2 – 1,58 т/га. Таким образом, для условий Приобской зоны Алтайского края наиболее эффективные с высоким биологическим потенциалом сорта: Сиреневая, Зебра, Бусинка. Местные формы 1 и 2 представляют интерес для производителей и селекционной работы, как высокоурожайные и пригодные для механизированного возделывания.

• Литература

1. Пивоваров В.Ф., Солдатенко А.В., Пышная О.Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Продовольственная независимость и технологический суверенитет России в отрасли овощеводства. *Овощи России*. 2024;(3):5-17. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-5-17>
<https://www.elibrary.ru/tweppl>
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс]: – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения 24.03.2024)
3. Новая стратегия роста. Каких целей должен добиться АПК к 2030 году. Журнал «Агроинвестор», ноябрь, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39132-novaya-strategiya-rosta-kakikh-tseley-dolzhen-dobitsya-apk-k-2030-godu> (дата обращения 24.03.2024)
4. Affrifah N.S., Uebersax M.A., Amin S. Nutritional significance, value-added applications and consumer perceptions of food legumes: A review. *Legume Science*. 2023;5(4):e192. <https://doi.org/10.1002/leg3.192>
5. Zhang Y., Shi L., Liu F. Comprehensive evaluation of the oil composition of the grains of soybean varieties. *Soybean Science*. 2023. P. 1–10.
6. Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б., Хулацария Т.И. и др. Частная селекция полевых культур. Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2022. 544 с. ISBN 978-5-8114-2096-4. <https://www.elibrary.ru/rvvhuo>
7. Казыдуб Н.Г., Казыдуб В.М., Клинг А.П. Продуктивность и качество фасоли овощной в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Селекция и семеноводство овощных культур*. 2009;(43):76-79. <https://www.elibrary.ru/ujfmhv>
8. Синеговская В.Т. Научное обеспечение эффективного развития селекции и семеноводства сои на Дальнем Востоке. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):374-380. <https://doi.org/10.18699/VJ21.040> <https://www.elibrary.ru/zmdien>
9. Belyshkina M.E., Kobozeva T.P., Ananyeva T.V., Popova N.P., Romanovskaya A.Yu. Biological nitrogen contribution to the increased forage value of soybean grains in the Non-Chernozem zone of Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2023;(1206):012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012012>
10. Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Инновационные технологии селекции, семеноводства и системы управления вегетацией как ключевой фактор повышения конкурентоспособности сельского хозяйства. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018;3(27):4-8. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11023>
<https://www.elibrary.ru/xzckxr>
11. Полупанова Ю.В., Качкин К.В. Фармакогностический анализ створок разных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

- Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2020;19(2):163-170. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2020.2.21>
<https://www.elibrary.ru/wrdocw>
12. Жумабаева Б.А., Айташева З.Г., Лебедева Л.П. и др. Оценка коллекционных образцов овощной фасоли по хозяйственно - ценным признакам в условиях Алматинской области. *Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География*. 2021;101(1):20-28. <https://doi.org/10.31489/2021BMG1/20-28>
<https://www.elibrary.ru/lisqri>
 13. Anitha S., Govindaraj M., Kane-Potaka J. Balanced amino acid and higher micronutrients in millets complements legumes for improved human dietary nutrition. *Cereal Chem*. 2020;(97):74–84. <https://doi.org/10.1002/cche.10227>
 14. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018;2(26):4-10. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008> <https://www.elibrary.ru/uqrbkk>
 15. Филиппова А.С. Рост и развитие сортообразцов фасоли обыкновенной в условиях Приобской зоны Алтайского края. *Вестник молодой науки Алтайского государственного аграрного университета: научный журнал*. 2023;(2):25-29. <https://www.elibrary.ru/fnqnnv>
 16. Шипилов В. «Иноземцы» в Сибири : (Из истории появления овощей на сиб. огородах). Моя земля. 1994.
 17. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020;3(35):12-19. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11179>
<https://www.elibrary.ru/wbntvu>
 18. Васякин Н.И. Селекция зернобобовых в Западной Сибири и на Алтае. Современные проблемы и достижения аграрной науки в земледелии, селекции и животноводстве. Барнаул, 2005. С. 148-155.
 19. Коробейников Н.И., Янченко В.И., Шукис Е.Р., Васякин Н.И., Розова М.А., Борадулина В.А. Основные результаты селекции сельскохозяйственных культур в Алтайском крае. Современные проблемы и достижения аграрной науки в земледелии, селекции и животноводстве. Барнаул, 2005. С. 156-182.
 20. Официальный сайт ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агроботехнологий». [Электронный ресурс]: URL: <https://altniish.ru/> (дата обращения 23.03.2023)
 21. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай [Электронный ресурс]: URL: <https://akstat.gks.ru/>. (дата обращения 23.03.2023)
 22. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. второй. М., 1989. С. 194.
 23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос. 2011. 352 с.
 24. Корсаков Н.И. и др. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л.: ВИР, 1975. 59 с.

25. Wiesinger J.A., Marsolais F., Glahn R.P. Health implications and nutrient bioavailability of bioactive compounds in drybeans and other pulses. Dry beans and pulses: production, processing, and nutrition, 2022. Pp.505-529.

26. Жаркова С.В., Филиппова А.С. Влияние предпосевной обработки биологическими препаратами семян фасоли обыкновенной на их посевные качества. *Овощи России*. 2023;(2):82-90.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-82-90>

<https://www.elibrary.ru/emjzii>

27. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений». [Электронный ресурс]: – URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (дата обращения 23.03.2023)

28. Celmeli T., Sari H., Canci H., Sari D., Adak A., Eker T., Tokar C. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*. 2018;8(9):166.

<https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>

• References

1. Pivovarov V.F., Soldatenko A.V., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. Food independence and technological sovereignty of Russia in the vegetable growing sector. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(3):5-17. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-5-17>

<https://www.elibrary.ru/tweppl>

2. The Doctrine of Food Security of the Russian Federation. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20 "On Approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation". [Electronic resource]: URL:

<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (date of access 03/24/2024)

3. New growth strategy. What goals should the agro-industrial complex achieve by 2030. *Agroinvestor magazine*, November, 2022. [Electronic resource]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39132-novaya-strategiya-rosta-kakikh-tseley-dolzhen-dobitsya-apk-k-2030-godu> (date of access 03/24/2024)

4. Affrifah N.S., Uebersax M.A., Amin S. Nutritional significance, value-added applications and consumer perceptions of food legumes: A review. *Legume Science*. 2023;5(4):e192. <https://doi.org/10.1002/leg3.192>

5. Zhang Y., Shi L., Liu F. Comprehensive evaluation of the oil composition of the grains of soybean varieties. *Soybean Science*. 2023. P. 1–10.

7. Pylnev V.V., Konovalov Yu.B., Khupatsaria T.I., et al. Private selection of field crops. St. Petersburg: Lan Publishing House, 2022. 544 p. ISBN 978-5-8114-2096-4. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/rvhuo>

8. Kazydub N.G., Kazydub V.M., Kling A.P. Productive ability and quality of green bean under conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. *Breeding and seed production of vegetable crops*. 2009;(43):76-79. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/ujfmhv>

9. Sinogovskaya V.T. Scientific provision of an effective development of soybean breeding and seed production in the Russian Far East. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):374-380. (in Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ21.040> <https://www.elibrary.ru/zmdien>

9. Belyshkina M.E., Kobozeva T.P., Ananyeva T.V., Popova N.P., Romanovskaya A.Yu. Biological nitrogen contribution to the increased forage value of soybean grains in the Non-Chernozem zone of Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2023;(1206):012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012012>

10. Gryadunova N.V., Hmyzova N.G. Innovative technologies of selection, seed growing and management system of vegetation as a key factor for increasing the competitiveness of agriculture. *Legumes and Groat Crops*. 2018;3(27):4-8. (in Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11023> <https://www.elibrary.ru/xzckxr>

11. Polupanova Yu.V., Kachkin K.V. Pharmacognostic analysis of leaflets

of different common bean sorts (*Phaseolus vulgaris* L.). *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*. 2020;19(2):163-170. (In Russ.)

<https://doi.org/10.37903/vsgma.2020.2.21> <https://www.elibrary.ru/wrdocw>

12. Zhumabayeva B.A., Aitasheva Z.G., Lebedeva L.P., Alibekova D.A., Chunetova Zh.Zh., Shyngiskyzy N. Assessment of collection samples of beans by economical-valued characteristics in the conditions of the Altay Region. *Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography series*. 2021;101(1):20-28. (in Russ.)

<https://doi.org/10.31489/2021BMG1/20-28>

<https://www.elibrary.ru/lisqri>

13. Anitha S., Govindaraj M., Kane-Potaka J. Balanced amino acid and higher micronutrients in millets complements legumes for improved human dietary nutrition. *Cereal Chem*. 2020;(97):74–84.

<https://doi.org/10.1002/ccche.10227>

14. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. *Legumes and Groat Crops*. 2018;2(26):4-10. (in Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008> <https://www.elibrary.ru/uqrbkk>

15. Filippova A.S. Growth and development of common bean accessions in the Altai Region's Ob river area. *Bulletin of youth science of the Altai State Agrarian University: scientific journal*. 2023;(2):25-29. (in Russ.)

<https://www.elibrary.ru/fnqnnv>

16. Shipilov V. "Foreigners" in Siberia: (From the history of the appearance of vegetables in Siberian gardens). My land. 1994. (in Russ.)

17. Zotikov V.I. Domestic breeding of leguminous and cereal crops. *Legumes and Groat Crops*. 2020;3(35):12-19. (in Russ.)

<https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11179>

<https://www.elibrary.ru/wbntvu>

18. Vasyakin N.I. Breeding of grain legumes in Western Siberia and Altai. Barnaul, 2005. pp. 148-155. (in Russ.)

19. Korobeynikov N.I., Yanchenko V.I., Shukis E.R., Vasyakin N.I., Rozova M.A., Boradulina V.A. Main results of breeding of agricultural crops in Altai Krai. Barnaul, 2005. pp. 156-182. (in Russ.)

20. Official website of the Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology. [Electronic resource]: URL:

<https://altniish.ru/> (date of access 03/23/2023)

21. Office of the Federal State Statistics Service for Altai Krai and the Altai Republic [Electronic resource]: URL: <https://akstat.gks.ru/>. (date of access 03/23/2023)

22. Methodology of state variety testing of agricultural crops. M., 1989. P. 194. (in Russ.)

23. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kolos. 2011. 352 p. (in Russ.)

24. Methodological guidelines for the study of a collection of grain legumes. L.: VIR, 1975. 59 p. (in Russ.)

25. Wiesinger J.A., Marsolais F., Glahn R.P. Health implications and nutrient bioavailability of bioactive compounds in drybeans and other pulses. Dry beans and pulses: production, processing, and nutrition, 2022. Pp.505-529.

26. Zharkova S.V., Filippova A.S. The effect of pre-sowing treatment biological preparations of common bean seeds for their sowing qualities. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(2):82-90. (In Russ.)

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-2-82-90>

<https://www.elibrary.ru/emjzii>

27. State register of selection achievements approved for use. T. 1. "Plant varieties". [Electronic resource]: URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (date of access 03/23/2023)

28. Celmeli T., Sari H., Canci H., Sari D., Adak A., Eker T., Tokar C. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*. 2018;8(9):166.

<https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>

Об авторах:

Сталина Владимировна Жаркова – доктор с.-х. наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>,

SPIN-код: 3579-4063, автор для переписки, stalina_zharkova@mail.ru

Анастасия Сергеевна Филиппова – аспирант,

<https://orcid.org/0009-0005-5608-7269>,

SPIN-код: 8919-0315, asya.sergeeva@mail.ru

About the Authors:

Stalina V. Zharkova – Dr. Sci. (Agriculture), Prof.,

<https://orcid.org/0000-0001-8410-6715>,

SPIN-код: 3579-4063, Correspondence Author, stalina_zharkova@mail.ru

Anastasia S. Filippova – аспирант,

<https://orcid.org/0009-0005-5608-7269>,

SPIN-код: 8919-0315, asya.sergeeva@mail.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-52-57>
УДК: 635.25:631.5:631.442.1

З.К. Рабданова¹, Д.С. Магомедова^{2*},
С.А. Курбанов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова» 367032, РФ, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д.180

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» 367014, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, мкр. Научный городок, ул. А. Шабанова, 30

*Автор для переписки: mds-agro@mail.ru

Вклад авторов: Рабданова З.К.: проведение полевых исследований, концептуализация, методология, верификация и администрирование данных, создание рукописи и её редактирование. Магомедова Д.С.: научное руководство исследованием, ресурсы, редактирование рукописи. Курбанов С.А.: верификация и администрирование данных, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рабданова З.К., Магомедова Д.С., Курбанов С.А. Научное обоснование агротехнических приемов возделывания лука репчатого на песчаных почвах. *Овощи России*. 2025;(1):52-57. [https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025;\(1\):52-57](https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025;(1):52-57).

Поступила в редакцию: 12.07.2024

Принята к печати: 21.10.2024

Опубликована: 28.12.2024

Zarema K. Rabdanova¹, Diana S. Magomedova^{2*},
Serazhutdin A. Kurbanov¹

¹ FSBEI HE "Dagestan State Agrarian University by M.M. Dzhambulatov" 180, st. M. Hajiyeva, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367032, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan" 30, A. Shabanov str., Nauchni gorodok, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367014, Russia

*Corresponding Author: mds-agro@mail.ru

Authors' Contribution: Rabdanova Z.K.: conducting field research, conceptualization, methodology, data verification and administration, manuscript creation and editing. Magomedova D.S.: scientific research management, resources, manuscript editing. Kurbanov S.A.: data verification and administration, manuscript editing.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Scientific substantiation of agrotechnical methods of cultivation of onions on sandy soils. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):52-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-52-57>

Received: 12.07.2024

Accepted for publication: 21.10.2024

Published: 28.12.2024

Научное обоснование агротехнических приемов возделывания лука репчатого на песчаных почвах

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В «Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан на период до 2030 года» одной из основных задач развития эффективного агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности является рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения, проведение инвентаризации и вовлечение в оборот неиспользуемых земель. Песчаные почвы республики используются в целях отгонного животноводства, а земледелие носит локальный характер. Опыт ряда регионов России свидетельствует о том, что песчаные почвы при правильном освоении и наличии водных ресурсов могут способствовать развитию орошаемого земледелия и вовлечению их в сельскохозяйственный оборот.

Цель исследований заключалась в научном обосновании приемов агротехники лука репчатого на песчаных почвах равнинного Дагестана, обеспечивающих получение рентабельного урожая на основе системы капельного орошения и применения стимуляторов роста.

Методы исследований. В условиях равнинной зоны Республики Дагестан в условиях ОАО «Учебно-опытное хозяйство г. Махачкала» в 2020 году был заложен модельный опыт с терско-кумскими песками по выращиванию лука репчатого при разной густоте посевов, с разными схемами размещения капельных линий и капельниц и с применением листовых подкормок органоминеральным удобрением Биостим универсал в течение вегетации.

Результаты. Установлено, что на песчаных почвах наиболее предпочтителен разреженный посев семян лука репчатого – 425 тыс. раст./га с размещением растений через 0,1 м в ряду при схеме размещения капельных линий 0,3×0,2 м и трехкратном применении стимулятора роста Биостим Универсал нормой 2 л/га. Такое сочетание изучаемых агротехнических приемов обеспечивает получение до 30 т/га товарной продукции. Расчет экономической эффективности показал обеспечение рентабельности на уровне 163%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

лук репчатый, песчаные почвы, система капельного орошения, густота посевов, некорневые подкормки, стимулятор роста

Scientific substantiation of agrotechnical methods of cultivation of onions on sandy soils

ABSTRACT

Relevance. In the “Strategy for Socio-Economic Development of the Republic of Dagestan for the Period until 2030,” one of the main tasks of developing an effective agro-industrial complex and ensuring food security is the rational use of agricultural lands, conducting an inventory and bringing unused lands into circulation. The sandy lands of the republic used for transhumance livestock farming; farming is local in nature. The experience of a number of regions of Russia indicates that sandy lands, with proper development and the availability of water resources, can contribute to the development of irrigated agriculture and their involvement in agricultural use.

The purpose of the research was to scientifically substantiate onion agricultural techniques on the sandy lands of flat Dagestan, ensuring a profitable harvest based on a drip irrigation system and the use of growth stimulants.

Methods. In the conditions of the flat zone of the Republic of Dagestan, in the conditions of the Makhachkala Educational and Experimental Farm OJSC (Open Joint Stock Company), in 2020, a model experiment launched with the Terek-Kuma sands for growing onions at different crop densities, with different layouts of drip lines and droppers and with the use of foliar fertilizing with organomineral fertilizer Biostim universal during the growing season. “Educational and Experimental Farm”

Results. It has been established that on sandy lands, sparse sowing of onion seeds is most preferable – 425 thousand plants/ha with plants placed every 0.1 m in a row with a drip line placement pattern of 0.3×0.2 m and the use of a growth stimulator Biostim Universal. This combination of studied agro-technical techniques ensures the production of up to 30 t/ha of marketable products. The calculation of economic efficiency showed a profitability of 163%.

KEYWORDS:

onions, sandy soils, drip irrigation system, crop density, foliar feeding, growth stimulator

Введение

Лук репчатый – одна из основных овощных культур, входящих в «борщевой набор». По рекомендациям Минздрава РФ оптимальная норма потребления лука репчатого составляет 10 кг на человека в год, таким образом, потребность производства для России – не менее 1,5...2,0 млн. т, а фактическое производство составляет 1,3...2,1 млн. т, что с учетом потерь лука при хранении свидетельствует о недостаточном уровне производства лука в стране и серьезных объемах импорта этого вида овощей [1].

Основные площади под овощами, в том числе и луком репчатым, расположены в Южном федеральном округе (60% валового сбора). По итогам 2023 года объемы производства этой культуры в РФ с площади 54,6 тыс. га валовой сбор составили 1780,1 тыс. т при урожайности – 32,6 т/га, в СКФО 7,5 тыс. га при валовом сборе – 198,3 тыс. т и урожайности – 26,3 т/га. В Республике Дагестан лук репчатый в 2023 году возделывали на площади 4,1 тыс. га, с которой собрали 108,8 тыс. т, при урожайности – 28,9 т/га [2].

Однако эти результаты получены на плодородных орошаемых землях равнинного Дагестана, представленных, в основном, каштановыми и луговыми почвами и их разновидностями. Песчаные же почвы используются в основном как зона отгонного животноводства, а сельскохозяйственное освоение носит локальный характер. Ошибочное мнение о непригодности этих земель для земледелия связано с неудовлетворительными агрономическими свойствами: слабая водоудерживающая способность, крайне низкое содержание гумуса и питательных веществ, низкая буферность и емкость поглощения и др. [3]. В то же время, опыт ряда зарубежных стран и некоторых регионов России [4, 5, 6, 7] свидетельствует о том, что песчаные почвы при правильном освоении и использовании могут способствовать развитию орошаемого земледелия.

Учитывая, что лук репчатый плохо использует естественное плодородие почвы [8, 9], цель наших исследований заключалась в научном обосновании приемов агротехники лука репчатого на песчаных почвах равнинного Дагестана, обеспечивающих получение рентабельного урожая на основе капельного орошения и применения стимулятора роста.

Применение стимуляторов роста особенно важно при возделывании культур на песчаных почвах, так как они оказывают антистрессовые свойства в условиях засухи, засоления, низких и высоких температур, негативного действия ксенобиотиков и др. Кроме того, некоторые биостимуляторы могут проявлять фунгистатические/фунгицидные свойства, а также активировать защитные свойства у растений, повышая их продуктивность [12, 13, 14].

Методика исследований

Полевой опыт, на фоне внесения минеральных удобрений нормой $N_{83}P_{35}K_{63}$ с использованием фертигации, проводили в 2020-2022 гг. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что 2020 и 2021 годы были близкими по погодным условиям и характеризовались как сухие (ГТК – 0,36 и 0,34 соответственно), а 2022 год был менее теплообеспеченным, но более увлажненным (ГТК=0,58) и характеризовался как очень засушливый.

Опыт закладывали по трехфакторной схеме, включающей в себя:

Фактор А (густота посевов) – предусматривал три варианта:

А₁ – густота к уборке 850 тыс. раст./га (между рядами 0,05 м);

А₂ – густота к уборке 610 тыс. раст./га (между рядами 0,07 м), контроль;

А₃ – густота к уборке 425 тыс. раст./га (между рядами 0,10 м).

Содержание гумуса в слое 0...0,3 м составляет 0,71%, легкогидролизуемого азота – 7,8...8,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 7,5...7,7 мг/кг, обменного калия – 190...200 мг/кг почвы, объемная масса – 0,98 т/м³, плотность твердой фазы почвы – 2,76 т/м³, пористость – 64,5%, наименьшая влагоемкость – 6,4%. Учитывая неблагоприятные водно-физические свойства песчаных почв, изучали фактор В для установления оптимального расстояния между капельными линиями и капельницами, с поддержанием уровня предполивной влажности почвы не ниже 90% НВ. Было запланировано изучение трех вариантов:

В₁ – размещение капельных линий через 0,4 м и капельниц на них через 0,3 м, контроль;

В₂ – размещение капельных линий через 0,3 м и капельниц на них через 0,3 м;

В₃ – размещение капельных линий через 0,3 м и капельниц на них через 0,2 м.

Фактор С (применение стимулятора роста) предусматривал два варианта:

С₁ – опрыскивание водой, контроль;

С₂ – некорневая подкормка стимулятором роста Биостим универсал (БУ) в фазе 2-3 настоящего листа, в фазе интенсивного роста листьев и в фазе формирования луковицы дозой 2 л/га с расходом рабочего расхода 300 л/га.

В опыте использовали семена сорта лука репчатого Прометей отечественной селекции, норма высева – 900 тыс. всхожих семян на гектар. Схема посева – ленточная шестистрочная, с расстоянием между строчками 0,20 м (для варианта В₁) и 0,15 м (для вариантов В₂ и В₃), глубина посева – 3-4 см. Расположение делянок систематическое, учетная площадь – 12 м², повторность опыта – трехкратная.

Необходимая густота посевов для фактора А обеспечивалась двумя прореживаниями: первое – через 20-25 суток после появления всходов, оставляя между растениями до 2 см; второе – в фазе появления 4 листа, оставляя между растениями от 5 до 10 см или 10-20 растений на 1 погонном метре. Исследования были проведены согласно методикам полевого опыта Б.А. Доспехова и С.С. Литвинова [10, 11].

Результаты исследований

Сила роста является весьма значимым биометрическим показателем состояния опытных посевов, так как от динамики роста растения в значительной степени зависит количество будущей урожайности культуры. Рост любого сельскохозяйственного растения характеризуется увеличением высоты и массы растения, это относится и к луку репчатому, причем во многом рост и площадь листовой поверхности находится в зависимости от густоты стояния растений, почвенно-климатических условий и применяемых агротехнических приемов [15]. Изучаемые факторы

Таблица 1. Высота растения и показатели фотосинтетической деятельности лука репчатого в зависимости от изучаемых факторов (2020-2022 годы)
Table 1. Plant height and indicators of photosynthetic activity of onions depending on the studied factors (2020-2022)

Густота стояния, тыс. шт./га	Схема КО*, м	Стимулятор роста	Высота растения, см	Площадь листьев, тыс.м ² /га	ФП*, тыс. м ² × дней/га	СВ*, т/га	ЧПФ*, г/м ² ×сутки
425	0,4×0,3	Вода	22,7	27,9	1828	2,60	1,42
		БУ	24,3	29,2	1942	2,97	1,53
	0,3×0,3	Вода	25,6	30,9	1981	3,13	1,58
		БУ	26,2	31,5	2091	3,69	1,76
	0,3×0,2	Вода	26,5	33,1	2182	3,59	1,64
		БУ	29,4	35,4	2364	4,28	1,81
610, контроль	0,4×0,3	Вода	20,1	32,2	2189	2,31	1,06
		БУ	22,2	33,9	2297	2,68	1,17
	0,3×0,3	Вода	23,1	35,1	2386	2,70	1,13
		БУ	25,3	36,3	2490	3,22	1,29
	0,3×0,2	Вода	26,5	36,8	2519	3,13	1,24
		БУ	27,6	39,5	2681	3,67	1,37
850	0,4×0,3	Вода	19,8	36,8	2582	2,12	0,82
		БУ	21,5	38,9	2719	2,50	0,92
	0,3×0,3	Вода	22,6	40,1	2820	2,52	0,89
		БУ	24,3	41,6	2924	2,97	1,02
	0,3×0,2	Вода	24,1	41,5	2937	2,84	0,97
		БУ	25,3	44,6	3125	3,41	1,09

Примечание: КО – капельное орошение, ФП – фотосинтетический потенциал, СВ – сухое вещество, ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза

Note: КО – drip irrigation, ФП – photosynthetic potential, СВ – dry matter, ЧПФ – net photosynthetic productivity

оказали неоднозначное влияние на рост (длину наибольшего листа) репчатого лука. Наибольшее влияние на рост оказали изменения в схеме размещения капельных линий и капельниц, которое увеличило рост растений на 22,0% при схеме 0,3×0,2 м, а увеличение густоты посевов с 425 до 850 тыс. шт./га уменьшило высоту растений на 11,3%, в то время как применение стимулятора роста повысило высоту растений всего на 7,3%. Наибольшая высота растений отмечена при сочетании густоты посевов 425 тыс. шт./га, схемы капельных линий 0,3×0,2 м и применении стимулятора роста Биостим универсал – 29,4 см.

Необходимо отметить положительное влияние изучаемых факторов на площадь листовой поверхности и показатели фотосинтетической деятельности посевов репчатого лука. Увеличение густоты посевов с 425 до 850 тыс. шт./га способствовало увеличению площади листьев в среднем на 1,3 раза и росту фотосинтетического потенциала (ФП) на 38,1%, однако это не привело к накоплению (по сравнению с контролем) сухого вещества (СВ) и снизило чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) с 1,21 до 0,95 г/м²×сутки.

В результате изменения схемы размещения капельных линий и капельниц на них влияние на показатели

фотосинтетической деятельности оказалось более продуктивным, так как в среднем площадь листьев возросла на 16,0%, ФП – на 16,6%, накопление СВ – на 37,9% и ЧПФ – на 16,4%. Применение биостимулятора-антистрессанта Биостим универсал положительно отразилось на приросте ассимиляционной поверхности, которая возросла по сравнению с контролем (обработка водой) на 5,4%, увеличила накопление СВ на 18,1% при росте ЧПФ – на 11,8%.

Песчаные почвы характеризуются очень узким диапазоном доступной влажности (от влажности устойчивого завядания до наименьшей влагоемкости) и после полива песчаная почва приходит в состояние наименьшей влагоемкости, а потом быстро переходит в состояние влажности разрыва капилляров и влажности устойчивого завядания [16]. В результате полевого опыта было установлено, что переход от схемы 0,4×0,3 м (контроль) к схеме 0,3×0,2 м приводит не к очаговому, а полосному увлажнению почвы вдоль капельной линии в результате смыкания контуров увлажнения к концу полива, обеспечивая лучший водный режим растений. В этой связи нас интересовал вопрос развития корневой системы репчатого лука в зависимости от изучаемых факторов (табл. 2).

Таблица 2. Развитие корневой системы репчатого лука в зависимости от изучаемых факторов (2020-2022 годы)
 Table 2. Development of the onion root system depending on the studied factors (2020-2022)

по факторам опыта Густота стояния, тыс. шт./га (А)	Схема КО, м (В)	Стимулятор роста (С)	Глубина корневой системы, см	Масса корневой системы, т/га	Развитие корневой системы по факторам опыта			
					А	В	С	
425	0,4×0,3	Вода	27,7	5,43	31,4* 6,28	28,6 5,61	30,4 6,05	
		БУ	29,6	5,80		31,5 6,29		
	0,3×0,3	Вода	31,2	6,21			34,1 6,91	32,4 6,50
		БУ	31,9	6,38				
	0,3×0,2	Вода	32,3	6,52		29,5 5,87	25,8 5,14	28,4 5,63
		БУ	35,8	7,31				
610, контроль	0,4×0,3	Вода	24,5	4,89	29,5 5,87	25,8 5,14	28,4 5,63	
		БУ	27,1	5,39		33,1 6,58		
	0,3×0,3	Вода	28,2	5,58			30,6 6,11	
		БУ	30,9	6,19				
	0,3×0,2	Вода	32,4	6,42		25,3 4,95	27,0 5,33	
		БУ	33,7	6,74				
850	0,4×0,3	Вода	24,2	4,72	28,0 5,52	25,3 4,95	27,0 5,33	
		БУ	26,3	5,17		28,6 5,67		
	0,3×0,3	Вода	27,5	5,41			30,2 5,94	28,9 5,71
		БУ	29,6	5,93				
	0,3×0,2	Вода	29,4	5,85				
		БУ	30,9	6,02				

Примечание: КО – капельное орошение,

*в числителе – глубина корневой системы, в знаменателе – масса корневой системы

Note: КО – drip irrigation,

*in the numerator – the depth of the root system, in the denominator – the mass of the root system

 Таблица 3. Урожайность лука репчатого в зависимости от густоты посевов, схемы размещения капельных линий и применения стимулятора роста (2020-2022 годы)
 Table 3. Onion yield depending on the density of crops, the layout of cable lines and the use of a growth stimulant (2020-2022)

Густота стояния, тыс. шт./га	Схема КО, м	Стимулятор роста	Урожайность, т/га	Структура урожая по фракциям, %			
				крупная >70 мм	крупная 50-70 мм	средняя 40-50 мм	мелкая <40 мм
425	0,4×0,3	Вода	21,7	4,2	69,9	16,6	9,3
		БУ	23,8	4,4	73,2	13,8	8,6
	0,3×0,3	Вода	26,1	4,5	74,9	14,0	6,6
		БУ	29,6	4,7	77,3	12,6	5,4
	0,3×0,2	Вода	29,9	4,0	76,4	14,1	5,6
		БУ	34,3	4,0	78,2	12,3	5,5
610, контроль	0,4×0,3	Вода	19,6	3,4	62,1	16,7	17,8
		БУ	21,8	3,4	63,2	17,1	16,3
	0,3×0,3	Вода	22,9	3,1	63,5	18,9	14,5
		БУ	26,2	3,2	65,4	18,5	12,9
	0,3×0,2	Вода	26,5	3,1	67,3	19,8	9,8
		БУ	30,1	3,2	69,6	18,8	8,4
850	0,4×0,3	Вода	18,4	2,1	44,9	29,2	23,8
		БУ	20,7	1,9	49,1	27,1	21,9
	0,3×0,3	Вода	21,9	1,7	51,7	26,4	20,2
		БУ	24,6	1,9	55,0	25,5	17,6
	0,3×0,2	Вода	24,7	1,6	59,5	25,8	13,1
		БУ	28,1	1,6	61,7	24,9	11,8

НСР05 для частных различий, т/га 1,6

для главных эффектов по факторам А=0,49; В=0,49; С=0,40

Примечание: КО – капельное орошение

Note: КО – drip irrigation,

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уплотнение капельных линий и капельниц на них обеспечивает лучший рост и массу корневой системы, которая способствовала их увеличению на 21,8 и 23,9% соответственно. Влияние густоты посевов на развитие корневой системы было в 2 раза менее эффективным, при этом уплотнение посевов приводит к ухудшению развития корневой системы как по глубине распространения – на 10,8%, так и по массе – на 12,1%. Отмечено положительное влияние стимулятора роста, применение которого увеличило глубину проникновения корневой системы и ее массу до 30,6 см и 6,1 т/га, что соответственно на 7,0 и 7,6% лучше, чем у растений контрольного варианта. Самое лучшее развитие корневой системы отмечено при сочетании густоты посевов 425 тыс. шт./га, схемы капельных линий 0,3×0,2 м и применении стимулятора роста Биостим универсал – 35,8 см и 7,31 т/га.

Наиболее благоприятные условия для роста урожайности лука репчатого складывались при густоте посевов 425 тыс. раст./га и схеме размещения капельных линий 0,3×0,2 м (таблица 3).

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что на песчаных почвах наиболее предпочтительная разреженный посев семян лука репчатого – 425 тыс. раст./га с размещением растений через 0,1 м в ряду, обеспечивающий среднюю урожайность 27,6 т/га при средней массе луковицы 64 г. С увеличением густоты растений до 850 тыс./га урожайность снижается на 4,5 т/га или на 16,3%, а масса луковицы уменьшается до 27 г. Существенное влияние на урожайность культуры оказывает и схема размещения капельных линий и капельниц на ней. Так, уменьшение расстояния между капельными линиями с 0,4 до 0,3 м при всех вариантах густоты посевов, за счет лучшего водообеспечения растений приводит к росту урожайности в среднем на 4,2 т/га, при этом наибольший прирост отмечен при густоте 425 тыс./га.

Уменьшение расстояния между капельницами с 0,3 до 0,2 м способствует дальнейшему увеличению урожайности еще на 3,7 т/га.

На песчаных почвах, обладающих низким естественным плодородием и повышенным тепловым режимом в летнее время, применение антистрессанта-биостимулятора Биостим универсал положительно сказалось на продуктивности посевов лука репчатого, так как трехкратная некорневая подкормка в фазе 2-3 настоящего листа, интенсивного роста листьев и формирования луковицы способствовала росту урожайности на 2,8...3,3 т/га.

Анализ структуры урожая показал, что увеличение густоты посева приводит к уменьшению крупной фракции на 11,4% за счет увеличения мелкой фракции (севок), изменение схемы размещения капельных линий увеличило крупную фракцию на 8,4% по сравнению с контролем, а применение биостимулятора привело к положительной тенденции увеличения крупной фракции [17].

Экономическая оценка вариантов позволила выявить оптимальную густоту посевов – 425 тыс. шт./га, при которой получен максимальный чистый доход (319,0 тыс. р./га), минимальная себестоимость 1 т луковиц (5,70 тыс. р.) при производственных затратах 195,5 тыс. р./га, что обеспечило лучшую рентабельность – 163,2%.

Заключение

Для получения урожайности лука репчатого в однолетней культуре на уровне 34 т/га на песчаных почвах Республики Дагестан рекомендуется посев с густотой растений к уборке 425 тыс./га (расстояние в строчке через 0,1 м), размещение капельных линий и капельниц по схеме 0,3×0,2 м и трехкратная некорневая подкормка антистрессантом-биостимулятором Биостим универсал в фазы 2-3 настоящего листа дозой 2 л/га с расходом рабочего раствора 300 л/га.

Литература

- Borisov V.A., Kolomiets A.A., Vasyuchkov I.Yu., Bebris A.R. Productivity and quality of onions when using mineral fertilizers, biocompost and growth regulators. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(5):39-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-39-43> <https://www.elibrary.ru/zrkcen>
- EMISS state statistics [Electronic resource]. Access mode: URL:<http://www.fedstat.ru>
- Zelenskaya E.A. Application of drip irrigation in arid zones / E.A. Zelenskaya, Z.L. Basangova // Regional student scientific and practical conference "Natural resource potential of the Caspian Sea and adjacent territories: problems of rational use". Elista: Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, 2014. P. 46-50. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tzoiyx>
- Zokova S.H., Khamrakulov J.B., Kadirova N.B. Field moisture capacity, soil moisture and sands of Central Ferghana. *Universum: chemistry and biology*. 2020;5(71):5-9. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/azoycl>
- Magomedova D.S., Kurbanov S.A., Ashurbekova T.N., Omarieva L.V., Kasimova L.D. Development of unproductive sandy lands. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2023;3(55):62-65. (In Russ.) https://doi.org/10.52671/20790996_2023_3_62 <https://www.elibrary.ru/qhxnhr>
- Malykh G.P., Avdeenko I.A., Grigoryev A.A. Intensive cultivation of grape plants on sandy soils. *Bulletin of KSAU*. 2021;1(166):62-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-1-62-69> <https://www.elibrary.ru/myrfzr>
- Manaenkov A.S., Rybashlykova L.P., Sivtseva S.N., Makhovikova T.F. Forest and pasture development of desert lands of the Caspian Region. *Arid ecosystems*. 2023;29(1(94)):15-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-15-24> <https://www.elibrary.ru/cznhxb>
- Gish R.A. Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10> <https://www.elibrary.ru/hkcmca>
- Kalmykova E.V., Voronin G.A. Resource-efficient elements of onion cultivation technology in the conditions of the Lower Volga Region. *Irrigated agriculture*. 2021;(3):52-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-3-10> <https://www.elibrary.ru/okfewu>
- Dospekhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
- Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow, 2011. 648 p. (In Russ.)

12. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. Biostimulants in agrotechnologies: problems, solutions, outlook. *Agrochemical herald*. 2016;(1):15-21. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vvrdjx>
13. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Application of growth stimulating preparations when cultivating onion on irrigated lands of Northern Caspian. *Irrigated agriculture*. 2021;1(32):38-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-1-6> <https://www.elibrary.ru/mspxit>
14. Litvinenko N.V., Grekhova I.V., Suzan V.G. Growth and development of onion at application of humic preparation. *Bulletin of Kemerovo State University*. 2015;1(61)4:22-23. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tolcfx>
15. Matveeva N.I., Zvolinsky V.P. Density of plants is the important indicator of onion yield. *The agrarian scientific journal*. 2020;(7):33-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i7pp33-37> <https://www.elibrary.ru/wxurht>
16. Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Features of onion cultivation on the sandy lands of the Republic of Dagestan. Kurgan: Kurgan State University, 2024. P. 253-257. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/flwmnf>
17. Nourbakhsh S.Sh., Cramer Ch.S. Onion Plant Size Measurements as Predictors for Onion Bulb Size. *Horticulturae*. 2022;8(8):682. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/8/682#>
6. Malykh G.P., Avdeenko I.A., Grigoryev A.A. Intensive cultivation of grape plants on sandy soils. *Bulletin of KSAU*. 2021;1(166):62-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-1-62-69> <https://www.elibrary.ru/myrfzr>
7. Manaenkov A.S., Rybashlykova L.P., Sivtseva S.N., Makhovikova T.F. Forest and pasture development of desert lands of the Caspian Region. *Arid ecosystems*. 2023;29(1(94)):15-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-15-24> <https://www.elibrary.ru/cznhxb>
8. Gish R.A. Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10> <https://www.elibrary.ru/hkcmca>
9. Kalmykova E.V., Voronin G.A. Resource-efficient elements of onion cultivation technology in the conditions of the Lower Volga Region. *Irrigated agriculture*. 2021;(3):52-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-3-10> <https://www.elibrary.ru/okfewu>
10. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
11. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow, 2011. 648 p. (In Russ.)
12. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. Biostimulants in agrotechnologies: problems, solutions, outlook. *Agrochemical herald*. 2016;(1):15-21. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vvrdjx>
13. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Application of growth stimulating preparations when cultivating onion on irrigated lands of Northern Caspian. *Irrigated agriculture*. 2021;1(32):38-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-1-6> <https://www.elibrary.ru/mspxit>
14. Litvinenko N.V., Grekhova I.V., Suzan V.G. Growth and development of onion at application of humic preparation. *Bulletin of Kemerovo State University*. 2015;1(61)4:22-23. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tolcfx>
15. Matveeva N.I., Zvolinsky V.P. Density of plants is the important indicator of onion yield. *The agrarian scientific journal*. 2020;(7):33-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i7pp33-37> <https://www.elibrary.ru/wxurht>
16. Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Features of onion cultivation on the sandy lands of the Republic of Dagestan. Kurgan: Kurgan State University, 2024. P. 253-257. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/flwmnf>
17. Nourbakhsh S.Sh., Cramer Ch.S. Onion Plant Size Measurements as Predictors for Onion Bulb Size. *Horticulturae*. 2022;8(8):682. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/8/682#>

• References

1. Borisov V.A., Kolomiets A.A., Vasyuchkov I.Yu., Bebris A.R. Productivity and quality of onions when using mineral fertilizers, biocompost and growth regulators. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(5):39-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-39-43> <https://www.elibrary.ru/zrkcen>
2. EMISS state statistics [Electronic resource]. Access mode: URL: <http://www.fedstat.ru>
3. Zelenskaya E.A. Application of drip irrigation in arid zones / E.A. Zelenskaya, Z.L. Basangova // Regional student scientific and practical conference "Natural resource potential of the Caspian Sea and adjacent territories: problems of rational use". Elista: Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, 2014. P. 46-50. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tzoiyx>
4. Zokova S.H., Khamrakulov J.B., Kadirova N.B. Field moisture capacity, soil moisture and sands of Central Ferghana. *Universum: chemistry and biology*. 2020;5(71):5-9. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/azoycl>
5. Magomedova D.S., Kurbanov S.A., Ashurbekova T.N., Omarieva L.V., Kasimova L.D. Development of unproductive sandy lands. *Development problems of regional agro-industrial complex*. 2023;3(55):62-65. (In Russ.) https://doi.org/10.52671/20790996_2023_3_62 <https://www.elibrary.ru/qhxnhr>
6. Malykh G.P., Avdeenko I.A., Grigoryev A.A. Intensive cultivation of grape plants on sandy soils. *Bulletin of KSAU*. 2021;1(166):62-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-1-62-69> <https://www.elibrary.ru/myrfzr>
7. Manaenkov A.S., Rybashlykova L.P., Sivtseva S.N., Makhovikova T.F. Forest and pasture development of desert lands of the Caspian Region. *Arid ecosystems*. 2023;29(1(94)):15-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-15-24> <https://www.elibrary.ru/cznhxb>
8. Gish R.A. Vegetable growing of open ground in the south of Russia. State and development trends. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(4):5-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-5-10> <https://www.elibrary.ru/hkcmca>
9. Kalmykova E.V., Voronin G.A. Resource-efficient elements of onion cultivation technology in the conditions of the Lower Volga Region. *Irrigated agriculture*. 2021;(3):52-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-3-10> <https://www.elibrary.ru/okfewu>
10. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
11. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow, 2011. 648 p. (In Russ.)
12. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. Biostimulants in agrotechnologies: problems, solutions, outlook. *Agrochemical herald*. 2016;(1):15-21. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vvrdjx>
13. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Application of growth stimulating preparations when cultivating onion on irrigated lands of Northern Caspian. *Irrigated agriculture*. 2021;1(32):38-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-1-6> <https://www.elibrary.ru/mspxit>
14. Litvinenko N.V., Grekhova I.V., Suzan V.G. Growth and development of onion at application of humic preparation. *Bulletin of Kemerovo State University*. 2015;1(61)4:22-23. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/tolcfx>
15. Matveeva N.I., Zvolinsky V.P. Density of plants is the important indicator of onion yield. *The agrarian scientific journal*. 2020;(7):33-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i7pp33-37> <https://www.elibrary.ru/wxurht>
16. Rabdanova Z.K., Magomedova D.S., Kurbanov S.A. Features of onion cultivation on the sandy lands of the Republic of Dagestan. Kurgan: Kurgan State University, 2024. P. 253-257. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/flwmnf>
17. Nourbakhsh S.Sh., Cramer Ch.S. Onion Plant Size Measurements as Predictors for Onion Bulb Size. *Horticulturae*. 2022;8(8):682. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/8/682#>

Об авторах:

Зарема Курбановна Рабданова – аспирант кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации, <https://orcid.org/0009-0009-4675-7803>, rabdanova.zarema@bk.ru

Диана Султановна Магомедова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, <https://orcid.org/0000-0002-7559-2456>, SPIN-код: 6164-9151, автор для переписки, mds-agro@mail.ru

Серажутдин Аминович Курбанов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-9390-5180>, SPIN-код: 3211-9275, kurbanovsa@mail.ru

About the Authors:

Zarema K. Rabdanova – Postgraduate Student of the Department of Agriculture, Soil Science and Land Reclamation, <https://orcid.org/0009-0009-4675-7803>, rabdanova.zarema@bk.ru

Diana S. Magomedova – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences (RAS), <https://orcid.org/0000-0002-7559-2456>, SPIN-code: 6164-9151, Corresponding Author, mds-agro@mail.ru

Serazhutdin A. Kurbanov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, <https://orcid.org/0000-0001-9390-5180>, SPIN-code: 3211-9275, kurbanovsa@mail.ru

Обзор / Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-58-61>
УДК: 635.64-027.22:339.138(048)(63)

Jemal Kadu Hasan*

Ethiopian Biodiversity Institute (EBI)
Addis Ababa, Ethiopia; Jimma Botanical
Garden, Jimma, Ethiopia

*Corresponding Author:

kadujemal@gmail.com

Author's Contribution: Mr. Jemal Kadu Hasan has contributed in planning and prepares this review article by adjusting and reviewing different journals, and also makes organizing, writing, grammatical correction and editing.

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

For citation: Hasan J.K. Production and marketing challenges of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Ethiopia. Review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):58-61.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-58-61>

Received: 20.08.2024

Accepted for publication: 20.09.2024

Published: 28.12.2024

Джемал Каду Хасан*

Эфиопский институт
биоразнообразия (EBI)
Аддис-Абеба, Эфиопия; Ботанический
сад Джиммы, Джимма, Эфиопия

kadujemal@gmail.com

Вклад автора: Г-н Джемал Каду Хасан внес вклад в планирование и подготовку этой обзорной статьи, корректируя и просматривая различные журналы, а также выполняя организацию, написание, грамматическую коррекцию и редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Hasan J.K. Production and marketing challenges of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Ethiopia. Review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):58-61.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-58-61>

Поступила в редакцию: 20.08.2024

Принята к печати: 20.09.2024

Опубликована: 28.12.2024

Production and marketing challenges of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Ethiopia. Review

Check for updates



ABSTRACT

Tomato is one of the most important and widely grown vegetables in the world. The aim is to review the key challenges on tomato production and marketing in Ethiopia. In Ethiopia, tomato production is concentrated in river, valleys and lakes, especially in Awash Valley and around Lake Ziway for favorable growing conditions, good access to market outlets and better infrastructure. Tomato production is commercially important for fresh fruit market and processing. Some of tomato varieties that have been in use by farmers are used for processing and for fresh marketing. However, several constraints caused inconsistent of tomato production and low yielding's are; the shortages of improved varieties, inadequate transport, poor marketing system, poor cultural practices, unreliable rainfall, price fluctuation, product nature (perishability), post-harvest losses, pest and diseases. Lack of market linkages, post-harvest losses, low institutional support, lack inputs and transportation are the key challenges. Small-scale producers are struggling to gain market access, but due to listed challenges the farmers are not selling their produce in an organized system and not getting the right shares. Therefore, critical attentions in harvesting and postharvest operations are very important to reduce losses, to keep quality and market standards. Moreover, addressing both production and market-related challenges are essential to minimize the losses, to access quality goods and to ensure the right shares for producers, distributors, processors and traders.

KEYWORDS:

Tomato production, Tomato varieties, Tomato marketing restrictions, Yield

Проблемы производства и маркетинга томата (*Solanum lycopersicum* L.) в Эфиопии. Обзор

РЕЗЮМЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Томат — один из самых важных и широко выращиваемых овощей в мире. Целью исследования является рассмотрение основных проблем производства и сбыта томата в Эфиопии.

Результаты. В Эфиопии производство томата сосредоточено в прибрежных зонах рек и озер, долинах, особенно в долине Аваш и вокруг озера Зивай, где есть благоприятные условия для выращивания, хороший доступ к рынкам сбыта и улучшенная инфраструктура. Производство томата имеет коммерческое значение для рынка свежих фруктов и переработки. Некоторые сорта томата, выращиваемые фермерами, используют для переработки и сбыта в свежем виде. Однако существует ряд ограничений, вызывающих непоследовательность производства томата и низкую урожайность: нехватка улучшенных сортов, неадекватный транспорт, плохая система сбыта, плохие агротехнические практики, ненадежные осадки, колебания цен, характер продукта (скоропортящийся), потери после сбора урожая, вредители и болезни. Отсутствие рыночных связей, потери после сбора урожая, низкая институциональная поддержка, нехватка ресурсов и транспорта являются основными проблемами. Мелкие производители борются за доступ к рынку, но из-за перечисленных проблем фермеры не продают свою продукцию в организованной системе и не получают нужных долей. Поэтому критические меры по сбору урожая и послеуборочной обработке очень важны для сокращения потерь, поддержания качества и рыночных стандартов. Более того, решение как производственных, так и рыночных проблем имеет важное значение для минимизации потерь, доступа к качественным товарам и обеспечения нужных долей для производителей, дистрибьюторов, переработчиков и трейдеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

производство томата, сорта томата, урожайность, ограничения сбыта томата

Introduction

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most popular and widely grown vegetables in the world. Tomato belongs to the Solanaceae family and genus *Lycopersicon*. The tomato began its history upon the coastal highlands of western part of South America, and nowadays, it's grown in around 159 countries [1]. Tomato is commercially important for fresh fruit market and processing. In Ethiopia, tomatoes are produced mainly in the northern and central rift valley areas. Oromia regional state is the largest producer contributed around 68%, and Tigray region produce 5% and Somali region 4% [2] and [3]. The production has expanded to commercial production for home use, export and processing industries. It produced mainly as a source of income and food both under rain fed as well as irrigated conditions. Small-scale farmers produce the bulk of fresh market tomatoes. Processing types are mainly produced in large-scale horticultural farms. Farmers are interested in tomato production more than other vegetables for its multiple harvests, which result in high profit per unit area. In 2016, the total area under cultivated was around 9700 hectares with the total productivity of 91300 tons of fresh tomato, and the average productivity of 9.4 tons per hectare [4]. The average productivity of tomatoes in Ethiopia in 2018 was 6.18 tons/hectare, which is too low when compared to the global average of 38.3 tons/hectare. In Africa, America, Europe, and Asia, the comparable average productivity was 16, 96.8, 63.9, and 43 tons/hectare [5] and [6].

Tomato production is faced several constraints which are biotic and abiotic that resulted in lower yield of tomato in Ethiopia includes shortage of varieties and poor seed quality, poor cultural practices, disease and insect pests, postharvest loss, and poor marketing system [7]. Inadequate transport network, poor market information system, and underdeveloped industrial sectors are the main challenges of vegetable markets in Ethiopia [8]. Small-scale producers are struggle to gain market access, but lack knowledge or skills of market requirements, inadequate information flow and other obstacles prevent them from entering into new markets, and this issues caused that reduce the benefits they obtained from their products [9]. The production-market linkage is very weak, smallholder farmers are not selling their produce in an organized manner, and they are not getting the right share of consumer price. As a result, farmer's opportunity to diversify their livelihoods from vegetable production is very limited [10]. The aim of this paper is to review the key challenges on tomato production and marketing faced by farmers and marketers in Ethiopia.

Tomato production and marketing challenges in Ethiopia

Ecological requirements

for tomato production in Ethiopia

Tomato is commercially important for fresh fruit market and processing. It requires warm, clear, dry conditions, and altitudes ranging between 700 and 2000 meter. The optimum growing temperature in the central low lands of Ethiopia ranges between 24 °C and 28 °C during the day and 14 °C and 17 °C at night. High temperature above 40 °C during the day and 22 °C at night can cause flower drop. Friable and sandy loam soil with pH of 5.8 to 6.8 is favorable for high fruit yield [11].

Tomato production and utilization in Ethiopia

The bulk of tomato production is concentrated in river valleys and lakes, especially in the Awash Valley and around Lake Ziway for their favorable growing conditions, good access to market outlets and better infrastructure and other facilities [3]. Productivity of tomato farms ranged from 25–40 tonnes per hectare. About 3,300 ha of private holdings were under tomato cultivation, and the total volume of fresh tomato harvested was 347, 27.748 tons [12]. In Eastern part of Ethiopia, Harerghe farmers produce locally known tomato variety in their gardens which is very small in size and low in fruit yield. Some of the farmers settled around the rift valley of Babile produce local tomato on small units of land for consumption and for income generation [13]. It is consumed in every household in different styles, in certain areas such as Walo, Hararge, Shawa, Jimma and Wallaga, it is an important co-staple food [14]. Tigray Regional state, the western lowland of Tigray is one of the potential areas suitable for cultivation of tomato, and the total cultivated area under tomato production in Kafta of Humera woreda since 2013/2014 cropping season was around 1,655 ha [15]. It can be eaten either fresh or processed in to different products. It is used for healing wounds because of antibiotic properties found in ripe fruits. It is a good source of Vitamins A, B and C.

Tomato production constraints in Ethiopia

Despite of its nutritional, economic, and health importance; there is a huge potential to produce tomato, but its production and productivity were low in Ethiopia as a general [8] and [16]. The total areas under tomato cultivation in the rainy season are estimated to be 5.05 thousand hectares with 30.7 thousand tons of harvest [13], and the national average yield is ranging from 6.5–24 Mt/ ha [17], which is far below the world average 34.84 ton/ha [18]. Again, in 2018 also the average productivity was 6.18 tons/hectare and the average productivity of tomatoes in Ethiopia is too low compared with the world average productivity of 38.3 tons/hectare [5] and [6].



Figure 1. Tomato production in Ethiopia

Several factors for low yielding productivity and inconsistent production were: shortage of improved seed, pesticides [19], unreliable rainfall, biotic and abiotic factors, and price fluctuation after harvest, product nature (perishability) [20], post-harvest loss [21]. This poor production and productivity of tomato outputs is resulted in food insecurity [7], in turn, such problems have their own effect on the aggregated macroeconomic as a whole. Addressing such constraints are one of the best mechanisms to mitigate food insecurity and improved macroeconomic performance through enhancing production efficiency and increasing productivity [22]. The studies conducted by the authors [17] and [23] revealed that the technical efficiency of tomatoes can be determined by the farm management, infrastructural development, transportation access, extension contact, access of training, irrigation accessibility, membership in a farmers' association, and credit availability.

Improved seed and seed source challenges

Some tomato varieties that used for processing types and for fresh market types have become under production in Ethiopia (table 1). Most of these varieties are popular among the farming communities especially in the Central Rift Valley [11]. Despite the multifaceted importance of vegetables in Ethiopia and the high priority given by policy makers for the development of the sub-sector, vegetable seed supply and distribution system is generally weak. There is limited access to varieties and seed source [24]. Informal seed system is the major source of seeds, which is triggered by poorly developed vegetable seed system in the country [24].

Harvest and post-harvest related challenges

The highly perishable nature of tomato fruits require careful attention in harvesting and postharvest operations in order to reduce losses, meet home and export market standards and to ensure high price for producers, distributors, processors and traders. Tomatoes harvested for fresh market at turning stage, i.e., when fruits can be easily transported for distant market or stored for long period. For processing, fruits must be harvested when they are red ripe as that they can directly sent to the processing plants. Harvesting at breaker stages has the advantage of keeping fruit for longer period, and the firmness of pericarp tissue is a key component for long storability. It is impor-

tant that fruits be harvested at the right stages, selected, cleaned, properly graded, packed in container, and carefully transported to the final destination. Storage in breaker and turning stages has about 5 and 3 days storability advantages over fully red ripen fruits. In the Rift Valley and eastern part of Ethiopia, plastic and wooden boxes are used for harvesting and transporting. This has become important to avoid injury and reduce decay and softening of fruits that affect the attractiveness of fruit in the market [20].

Since tomato fruit is above 90% water, careful picking, packaging and transportation is important to ensure better price. The loss is high due to moisture losses, over ripening, mechanical injury, rough handling and packaging, bruises and transportation. The perishable nature of the produce, poor technology, lack of awareness among producers and the market chain are resulted in poor handling of the tomato produce [26]. Post-harvest loss causes the losses of volumes and quality the produce reaching consumers. The reduction of post-harvest losses is stated as a critical component of ensuring future global food security [27] alternative solutions for loss reduction is necessary to find major causes for losses, critical loss points and to measure the scale of these losses. Focusing on diversified aspects of value chain, market link, use local and low-cost technologies/techniques to solve or minimize the problems [16].

Marketing and marketing system challenges

The fresh fruits and processed products are distributed local markets and exported to Djibouti. There are whole sellers (merchants), groceries (kiosks), roadside markets (Gulits), which are involved in the distribution of fresh produces. The state owned marketing enterprise, ETFRUIT, is involved in exporting and locally distributing processed products and other fresh horticultural crops. The produces in local markets are transported by donkey, carts, trucks and humans packed in wooden boxes or crates. Frequently, small farmers who produce the bulk of tomato suffer for price fluctuations. They are forced to sell tomatoes to local merchants who have all the access to buy tomatoes at whatever price they fix [28]. The quality of tomatoes are thus firm or not over ripe; fairly well formed; smooth; good color; and free from blemishes and attractive.

Table 1. Characteristics of some tomato varieties in use and its purpose
Table 1. Characteristics of some tomato varieties in use and its purpose

Varieties	Growth habit	Maturity days	Average Yield (q/ha)	Purpose
Melkashola	Determinate	100-120	430	Processing and fresh market
Melkasalsa	Determinate	100-110	450	Processing and fresh market
Chali	Determinate	85-100	430	Processing and fresh market
Cochoro	Determinate	85-90	463	Processing and fresh market
Eshet	Indeterminate	75-80	394	Fresh market
Metadel	Indeterminate	75-90	345	Fresh market
Fetan	Determinate	75-80	454	Fresh market
Bishola	Determinate	85-90	340	Fresh market
Miya	Semi-determ	90-100	471	Fresh market
Woyeno	Determinate	85-90	249	Fresh market
Mersa	Indeterminate	100-120	276	Fresh market
Lekku	Indeterminate	75-80	337	Fresh market

Source: MoA [25]

Furthermore, the market chain is governed by wholesalers and exporters who have capital advantage over the other chain actors. Hence, farmers are forced to obtain a lower share of profit margin. Market distortions are common activities of middlemen in price setting. Due to their perishability of vegetables like tomato has no sufficient time to add the values, and this enables actors particularly middlemen to cut price and reduce producers bargaining power to sell their vegetable at a price convenient for them [20]. Further identified the problem includes poor in product sorting, grading, packing, and traditional transporting affect quality in turn marketability of the product. Vegetable marketing is the key constrains by lack of market information systems, poor market linkages, low institutional support, lack of value chain development to ensure participation and benefit to the smallholders [29], and this constrains associated with vegetables marketing in Ethiopia is reported by [20].

• References / Литература

1. History of tomato 'love apple'. Newspaper Press cover page. USA. Tracy, 2005.
2. Quintin G., Abu T., Teddy T. Tomato Production in Ethiopia Challenged by Pest. GIAN report, Addis Ababa, Ethiopia. 2013.
3. Ashebre K.M. Farm yield evaluation and demonstration of Melkashola tomato variety in central zone of Tigray Region, Ethiopia. *African Journal of Plant Science*. 2018;12(2):28-31. <https://doi.org/10.5897/AJPS2017.1555>
4. Brasesco F., Asgedom D., Casari G. Strategic analysis and intervention plan for fresh and industrial tomato in the Agro-Commodities Procurement Zone of the pilot Integrated Agro-Industrial Park in Central-Eastern Oromia, Ethiopia. Addis Ababa: FAO. 2019.
5. FAO. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2018.
6. Bedassa C.B., Fufa B.O., Aga M.C. Yield Performance of Improved Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Varieties at West Shoa Zone, Ethiopia. *Advances in Bioscience and Bioengineering*. 2020;8(1):1.
7. Dessale M. Analysis of technical efficiency of small holder wheat-growing farmers of Jamma district, Ethiopia. *Agriculture & Food Security*. 2019;8(1):1-8. <https://agricultureandfoodsecurity.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40066-018-0250-9>
8. Haji J. Economic Efficiency and Marketing Performance of Vegetable Production in the Eastern and Central Parts of Ethiopia. 2008;(17).
9. Steven H., Veronique T.H, John S., Nango D., Boubacar D. A Conceptual Framework for Promoting Inclusive Agricultural Value Chains. Michigan State University Department of Agricultural, Food and Resource Economics. 2012.
10. Mussema R., Kassa B., Alemu D., Rashid S. Analysis of the determinants of smallscale farmers' grain market participations in Ethiopia: the contribution of transaction costs. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 2013;23(1-2):75-94.
11. Derso E., Zeleke A. Production and management of major vegetable crops in Ethiopia. 2015.
12. Investment Opportunity Profile for Tomato Processing in Ethiopia. Ethiopian Investment Agency, 2008.
13. Crop Production Forecast Sample Survey, 2013/14. Report on Area and Production for Major Crops (for Private Peasant Holdings 'Meher' season). Addis Ababa, Ethiopia. CSA (Central Statistical Agency). 2015.
14. Gemechis A.O., Struik P., Emanu B. Tomato Production in Ethiopia: Constraints and Opportunities. 2012.
15. Regassa D., Tigre W., Shiferaw A. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties evaluation in Borana zone, Yabello district, southern Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2016;8(10):206-210. <https://doi.org/10.5897/JPCS2015.0543>
16. Abera G., Ibrahim A.M., Forsido S.F., Kuyu C.G. Assessment on post-harvest losses of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in select-

Conclusions

In Ethiopia, the bulk of tomato production is concentrated in river valleys and lakes, especially in Awash Valley and around Lake Ziway for favorable growing conditions and good access to market. Tomato is commercially important for fresh fruit market and processing. Some of tomato varieties that have been in use by farmers are used for processing and for fresh marketing. But, several constraints are caused inconsistent of production and low yielding were shortage of improved seed, limited input, price fluctuation, product nature, post-harvest losses, pest and diseases. Marketing is the key constrains in lack of market information systems, post-harvest losses, low institutional support, lack of value chain to ensure participation and benefit to the smallholders. Therefore, marketing linkages and postharvest handling technologies are important to minimize the losses, to access quality goods and to ensure right price shares.

- ed districts of East Shewa Zone of Ethiopia using a commodity system analysis methodology. *Heliyon*. 2020;6(4):e03749. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03749>
17. Gemechu G.E., Beyene T.M. Evaluation of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. mill) Varieties for Yield and Fruit Quality in Ethiopia. A Review. *Journal of Natural Sciences Research*. 2019. <https://doi.org/10.7176/fsqm%2F89-03>
 18. FAO. Statistical bulletin. Rome, Italy. 2009;(150):1-2.
 19. Weldegiorgis L.G., Mezgebo G.K., Gebremariam H.G.E., Kahsay Z.A. Resources use efficiency of irrigated tomato production of small-scale farmers. *International journal of vegetable science*. 2018;24(5):456-465. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1438552>
 20. Reddy P.C.S., Kanna N.V. Value Chain and Market Analysis of Vegetables in Ethiopia, Ambo University, Ethiopia. 2016. Link: <https://bit.ly/38nG8kk>
 21. Kasso M., Bekele A. Post-harvest loss and quality deterioration of horticultural crops in Dire Dawa Region, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2018;17(1):88-96. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.005>
 22. Tiruneh W.G., Geta E. Technical efficiency of smallholder wheat farmers: The case of Welmera district, Central Oromia, Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*. 2016;8(2):39-51. <https://doi.org/10.5897/JDAE2015.0660>
 23. Ali S., Liu Y., Ishaq M., Shah T., Ilyas A., Din I.U. Climate change and its impact on the yield of major food crops: *Evidence from Pakistan*. *Foods*. 2017;6(6):39. <https://doi.org/10.3390/foods6060039>
 24. Tabor G., Yesuf M. Mapping the Current Knowledge of Carrot Cultivation in Ethiopia. Technical Report Submitted to Carrot Aid, Charlottenlund, Denmark. 2012.
 25. Ministry of Agriculture. Crop variety registration in Canada: Issues and options. Ministry Agric, Ababa, Ethiopia. 2012.
 26. Bombelli E.C., Wright E.R. Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on *Botrytis cinerea*: research paper. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires, Argentina. *Cien. Inv. Agr.* 2006;33(3):167-172. <https://doi.org/10.7764/rcia.v33i3.346>
 27. Belik W. Impasses in transformation of the food system. *Future of Food*. *J. Food Agric. Soc.* 2018;6(2):5-8.
 28. Abay A. Vegetable marketing chain analysis in the case of Fogera Wereda. Amehara National regional state of Ethiopia. An MSc Thesis Presented to School of Graduate Studies of Haramaya University. 2007.
 29. Emanu B., Afari-Sefa V., Dinssa F.F., Ayana A., Balemi T., Temesgen M. Characterization and assessment of vegetable production and marketing systems in the Humid Tropics of Ethiopia. *Quarterly Journal of International Agriculture*. 2015;54(892-2016-65244):163-187. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.210313>

About the Author:

Jemal Kadu Hasan – Researcher,
<https://orcid.org/0009-0003-3761-9069>,
kadujemal@gmail.com

Об авторе:

Джемаль Каду Хасан – исследователь,
<https://orcid.org/0009-0003-3761-9069>,
kadujemal@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-62-69>
УДК: 635.54:631.82

О.М. Вьютнова*, И.В. Смирнова,
И.А. Новикова, К.С. Максимова

Ростовская овощная опытная станция
по цикорию – филиал ФГБНУ ФНЦО
152130, Россия, Ярославская область,
Ростовский район, с. Деревни

*Автор для переписки: rossc2010@yandex.ru

Вклад авторов: И.В. Смирнова: концептуализация, методология, написание-рецензирование и редактирование рукописи. О.М. Вьютнова: концептуализация, методология, создание черновика рукописи. И.А. Новикова: проведение исследования и формальный анализ. К.С. Максимова: проведение исследования, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А., Максимова К.С. Система минерального питания для культуры цикория корневого. *Овощи России*. 2025;(1):62-69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-62-69>

Поступила в редакцию: 08.09.2024

Принята к печати: 22.11.2024

Опубликована: 28.12.2024

Olga M. Vyutnova*, Irina V. Smirnova,
Irina A. Novikova, Ksenia S. Maksimova

Rostov Vegetable experimental station on chicory
– Branch of the Federal State Budgetary Scientific
Institution Federal Scientific Vegetable Center
(FSBSI FSVC)
Derevni v., Rostov district,
Yaroslavl region, 152130, Russia

*Correspondence Author: rossc2010@yandex.ru

Authors' Contribution: I.V. Smirnova: conceptualization, methodology, writing-reviewing and editing the manuscript. O.M. Vyutnova: conceptualization, methodology, creating a draft manuscript. I.A. Novikova: conducting the study and formal analysis. K.S. Maksimova: conducting the study, formal analysis.

Conflict of interest: The authors declare that there are no conflict of interest.

For citations: Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A., Maksimova K.S. Mineral nutrition system for chicory root culture. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):62-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-62-69>

Received: 08.09.2024

Accepted for publication: 22.11.2024

Published: 28.12.2024

Система минерального питания для культуры цикория корневого

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цикорий корневой (*Cichorium intybus*) весьма ценная техническая, овощная и лекарственная культура. Разработка и совершенствование научно обоснованной системы удобрений – один из самых важных вопросов в сельскохозяйственном производстве, так как он определяет не только уровень урожайности культур, но и направление изменения, повышения и сохранения плодородия почв в целом.

Материал и методика исследований. Цель исследований – выявить наиболее эффективные дозы минеральных удобрений и способов их внесения (основное и подкормка) для обеспечения максимальных урожаев корнеплодов цикория корневого. Исследования проводили в 2021-2022 годах на поле Ростовской ОСЦ – филиала ФГБНУ ФНЦО. Для посева использовали семена цикория корневого сорта Петровский. Минеральные удобрения вносили в виде азофоски и сульфата калия.

Результаты. В результате исследований установлено, что на дерново-подзолистых почвах применение минеральных удобрений оказало положительный эффект на урожайность корнеплодов цикория. При этом, чем больше развита листовая розетка растений, тем выше урожайность корнеплодов цикория корневого. Так, растения в контроле (вариант без внесения удобрений) характеризовались наименьшей площадью листовой поверхности – 3141,6 см², а на самом урожайном варианте – с основным внесением N₆₀P₆₀K₆₀, + N₆₀P₆₀K₆₀ – подкормка – отмечено максимальное значение этого показателя – 9709,04 см².

Заключение. В почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны РФ наибольший эффект от применения минеральных удобрений на цикории корневом наблюдается при системе минерального питания, включающей в себя основное внесение в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и подкормку в дозе N₆₀P₆₀K₆₀, где урожайность составила – 23,9 т/га, прибавка урожая – 9,6 т/га при НСР₀₅ – 0,5 т/га, или 67,1% по отношению к контролю (вариант без применения удобрений).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

цикорий корневой, система минерального питания, минеральные удобрения, урожайность, фотосинтетический потенциал.

Mineral nutrition system for chicory root culture

ABSTRACT

Relevance. Chicory root (*Cichorium intybus*) is a very valuable technical, vegetable and medicinal crop. The development and improvement of a scientifically based fertilizer system is one of the most important issues in agricultural production, since it determines not only the level of crop yield, but also the direction of changing, increasing and preserving soil fertility in general.

Material and Methods. The aim of the research was to identify the most effective doses of mineral fertilizers and methods of their application (basic and top dressing) to ensure maximum yields of root chicory root crops. The research was carried out in 2021-2022 in the field of the Rostov Vegetable experimental station on chicory – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center. Chicory seeds of the Petrovsky root variety were used for sowing. Mineral fertilizers were applied in the form of azophosphate and potassium sulfate.

Results. On sod-podzolic soils, the use of mineral fertilizers had a positive effect on the yield of chicory root crops. The more developed the leaf rosette of plants, the higher the yield of root chicory.

Conclusion. In the soil and climatic conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, the greatest effect from the use of mineral fertilizers on root chicory is observed with a mineral nutrition system that includes the main application at a dose of N₆₀P₆₀K₆₀ and top dressing at a dose of N₆₀P₆₀K₆₀.

KEYWORDS:

chicory root, mineral nutrition system, mineral fertilizers, yield, photosynthetic potential

Введение

Цикорий корневой (*Cichorium intybus*) – ценная техническая, овощная и лекарственная культура. Особая ценность этого растения обусловлена высоким содержанием в корнеплодах углевода инулина и гликозида интибина, благотворно влияющих на организм при лечении диабета, заболеваний сердечно-сосудистой системы, внутренних и кроветворных органов [1].

В настоящее время цикорий выращивают во многих странах Европы: Польше, Франции, Голландии и др. В России начало промышленного цикорного производства относится к 1800 году. В начале 20 века хозяйства цикорного треста получали высокие доходы, а урожайность корнеплодов достигала 35 т/га и больше [2]. В последние годы из-за ряда объективных причин имеет место значительное сокращение посевных площадей под цикорием и снижение урожайности корнеплодов, хотя спрос на него на мировом рынке не уменьшается [3].

Сложившееся в сельскохозяйственном производстве положение требует разработки новой концепции поддержания плодородия дерново-подзолистых почв, которая гарантировала бы получение достаточного количества дешевой сельскохозяйственной продукции высокого качества [4]. Для обеспечения рентабельного производства сельскохозяйственного сырья следует исключить риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями, а также последствиями интенсификации земледелия. Эффективным мероприятием является оптимизация минерального питания растений на всем протяжении вегетации культуры. Правильное внесение удобрений дает возможность не только получать максимальные урожаи, но и улучшать качество продукции [5].

Эффективность удобрений зависит от потребности растений в питательных веществах и способности почвы удовлетворить эту потребность. Следовательно, плодородие почвы должно быть динамичным, и его изменения должны наилучшим образом соответствовать потребности возделываемых растений в соответственные периоды развития их органов, определяющих урожай [6].

Важный элемент технологии для реализации полного потенциала урожайности каждого сорта и гибрида – система минерального питания. Разработка и совершенствование научно обоснованной системы удобрений – один из самых важных вопросов в сельскохозяйственном производстве, так как он определяет не только уровень урожайности культур, но и направление изменения, повышения и сохранения плодородия почв.

Внесение удобрений увеличивает содержание в почве доступных растениям элементов минерального питания. Тем самым изменяется химический состав почвы, её физические и другие свойства. Улучшение минерального питания оказывает благоприятное влияние на фотосинтез, улучшает рост растений [7].

Эффективность удобрений под сельскохозяйственные культуры в значительной степени зависит от сроков и способов их внесения, а также равномерности распределения по площади полей и профилю пахотного слоя.

При выборе сроков и способов внесения минеральных удобрений надо стараться обеспечить растения оптимальным питанием в течение всего периода их роста и развития, чтобы они дали максимальный урожай хорошего качества.

Минеральные удобрения необходимо располагать в почве так, чтобы они находились во влажном слое почвы в зоне активной деятельности корневой системы растений (15-25 см), так как при мелкой заделке удобрений и при поверхностном внесении без заделки (0-5 см) без вымывания этих удобрений атмосферными осадками или поливом они будут находиться в верхнем иссушенном слое почвы над корневой системой растений и не дадут ожидаемого эффекта [8].

Основное или допосевное удобрение предназначено для удовлетворения потребности растений в питательных элементах после всходов до конца вегетации. Для большинства культур в условиях достаточного увлажнения или орошаемого земледелия на долю основного удобрения приходится 60-90% от общей дозы, в условиях недостаточного увлажнения — 90-100% [9]. Основное (допосевное) удобрение заделывается плугом при вспашке зяби. До посева любой культуры и в процессе вегетации растения должны обеспечиваться в каждый период определенным количеством питательных веществ. Это достигается за счет мобилизации естественного плодородия почвы, или внесением удобрений.

Важное значение имеет правильное соотношение питательных элементов, нарушение которого затрудняет использование элементов растением. Так, недостаток фосфора вызывает избыточное накопление в растениях нитратного азота. Совместное внесение фосфорных и азотных удобрений нормализует содержание нитратного азота в растениях. Оптимальное соотношение питательных элементов влияет на их поступление в растение, на направленность процессов синтеза органических соединений, на рост и формирование урожая и качества продукции.

Ю. Либих отмечал, что удобрения действуют наиболее благоприятно в том случае, если при их посредстве в почве устанавливается правильное соотношение питательных веществ. На это указывал и Д.Н. Прянишников, который отметил, что действие фосфорнокислых удобрений находится в зависимости от обеспеченности растений другими элементами, и в первую очередь азотом [10].

Сроки внесения основного удобрения и способ заделки определяются климатическими условиями зоны, свойствами почвы и удобрений, биологическими особенностями культур. Так, в лесостепи европейской части России, где лучшие условия увлажнения, в основном внесении используется 60-70% от общей дозы удобрений, остальная часть вносится в рядки при посеве и в подкормку. Под пропашные культуры в этой зоне глубокая осенняя заправка удобрений имеет преимущество перед весенней заделкой при культивации зяби [11].

Послепосевное удобрение, или подкормка, используется для получения высокого урожая и улучшения его качества. Прием позволяет усилить питание растений в определенные периоды развития, дополняет или улучшает действие основного удобрения. Сочетание этих

приемов позволяет обеспечить оптимальное питание растений в процессе вегетации. На долю подкормки приходится 20-30% от общей дозы.

Многие культуры по своим биологическим особенностям не переносят повышенную концентрацию солей, прежде всего в начале вегетации. Поэтому внесение повышенных доз минеральных удобрений до посева может отрицательно сказываться на начальное развитие, а в последующие периоды требуется повышенное количество питательных веществ. Поэтому подкормки позволяют регулировать питание растений по фазам роста.

Послепосевное удобрение применяют в дополнение к основному с целью улучшения питания растений в период максимального потребления элементов питания растениями и улучшения качества продукции, а также в случае, если удобрения внесены в основной прием в недостаточном количестве.

Эффективность удобрений в значительной степени определяется биологическими особенностями питания сельскохозяйственных культур, почвенными, климатическими, агротехническими и организационно-хозяйственными условиями, особенностями питания отдельных культур [12].

Цикорий корневой при урожае в 400 ц/га корнеплодов и 200 ц/га зеленой массы листьев выносит из почвы азота – 170, фосфора – 52, калия – 186 и кальция – 86 кг/га действующих веществ [13].

Оптимальная концентрация макроудобрений для повышения урожайности и качества цикория корневого установлена в Нечерноземной зоне Российской Федерации в результате исследований, проведенных в 2019-2021 годах. Максимальное повышение урожайности цикория корневого зафиксировано при внесении высоких доз азотных удобрений совместно с фосфорно-калийными ($N_{150}P_{120}K_{120}$). Внесение азота с 90 до 180 кг/га не превышало ПДК по нитратам. Авторами отмечено повышение содержания инулина в корнеплодах при увеличении дозы азотных удобрений [14].

В результате исследований, проведенных авторами ранее, установлено, что на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны РФ экономически целесообразно при возделывании цикория корневого применять технологию с использованием в качестве предшественника овсяно-гороховой смеси в сочетании с внесением в почву минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$ и обработкой вегетирующих растений бором и гуматом. При применении данной технологии увеличивается фотосинтетический потенциал посевов и урожайность корнеплодов, снижается себестоимость продукции, рентабельность превышает 104% [15].

Отзывчивость цикория на отдельные вещества в продолжение вегетационного периода резко меняется. В первый период своего развития цикорий резко положительно отзывается на фосфор. В дальнейшем эффективность фосфора в продолжение двух месяцев остается стабильным и к концу вегетации начинается затухание. Эффективность калия, напротив, в первые месяцы мала, а к концу вегетации, в противоположность действию фосфора, даёт резкий подъем. Эффективность азота в про-

должение вегетации занимает среднее положение между эффективностью фосфора и калия [14,16].

Таким образом, рациональная система удобрения сельскохозяйственных культур разрабатывается на основе их биологических особенностей питания в течение всего вегетационного периода. Она должна своевременно обеспечивать растения элементами питания в необходимых количествах и соотношениях, в конкретные периоды роста и развития, когда они им особенно необходимы. Исследования по влиянию удобрений на урожайность и качество цикория проводили с учётом выноса питательных веществ.

Цель исследований

Цель исследований – выявить наиболее эффективные дозы минеральных удобрений и способов их внесения (основное и подкормка) для обеспечения максимальных урожаев корнеплодов цикория корневого.

Условия и методика проведения исследований

Исследования проводили в 2021-2022 годах на поле Ростовской ОСЦ – филиала ФГБНУ ФНЦО, расположенном в центральной части Нечерноземной зоны РФ в Ростовском районе Ярославской области близ деревни Маргасово, с координатами 57°02' с.ш. и 39°15' в.д.

Почвы участка дерново-подзолистые, среднесуглинистого механического состава, характеризуются низким уровнем грунтовых вод. Пахотный слой имеет высокую степень насыщенности основаниями и характеризуется небольшой гидролитической кислотностью. Почва с гумусовым слоем глубиной 25-30 см. Содержание органического вещества в пахотном слое среднее – 1,8%, общего азота – 0,2%. Содержание обменного калия по всему профилю остаётся высоким (по Масловой) – 17-20 мг на 100 г почвы. Почва опытного участка хорошо обеспечена подвижным фосфором (по Чирикову) – 20-25 мг на 100 г почвы.

Данные о физико-химических и гидрофизических свойствах почв представлены в таблицах 1-3. Данные метеорологических условий вегетационного периода 2021-2022 годов представлены на рисунках 1 и 2.

Таблица 1. Физико-химические свойства и агрохимические показатели пахотного слоя почвы поля Ростовской ОСЦ
Table 1. Physico-chemical properties and agrochemical indicators the arable soil layer of the field of the Rostov OSC

№	Показатель	Значение
1	Гумусовый слой	25-30 см
2	Содержание общего азота	0,2%
3	Содержание обменного калия (по Масловой)	190 мг/кг
4	Содержание подвижного фосфора (по Чирикову)	241 мг/кг
5	pH соляной вытяжки	6,9 ед.pH

Таблица 2. Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы
Table 2. Physicochemical properties of turf-podzolic soil

Горизонт	Глубина, см	Песок, 0,05-2,0 мм	Пыль, 0,002-0,05 мм	Глина, <0,002, мм	Органическое вещество, %	pH	Плотность, кг/м ³
A1A2	0-20	13	75	12	2,7	6,0	1200
A2	20-40	11	78	11	1,5	5,5	1400
A2B	40-60	10	74	16	0,9	5,0	1600
B1	60-100	35	37	28	0,6	5,0	1600
C	100-150	49	34	17	0,0	5,6	1600

Таблица 3. Гидрофизические свойства дерново-подзолистой почвы
Table 3. Hydrophysical properties of turf-podzolic soil

Горизонт	Глубина, см	θ_r , м ³ /м ³	θ_s , м ³ /м ³	K, см/сут.	α , см ⁻¹	λ	n
A1A2	0-20	0,0008	0,4754	1,03	0,1222	-0,255	1,1338
A2	20-40	0,0008	0,4128	0,99	0,0286	-0,136	1,2033
A2B	40-60	0,0001	0,3600	6,83	0,0080	-0,230	1,2900
B1	60-100	0,0001	0,4300	1,04	0,0096	-0,750	1,2600
C	100-150	0,0001	0,4271	1,00	0,0180	-0,070	1,2601

θ_r – остаточная влажность;
 θ_s – объемная влажность полного насыщения;
 K – коэффициент гидравлической проводимости;
 α – величина, обратная давлению входа воздуха (параметр уравнения Ван-Генухтена);
 λ – параметр уравнения Ван-Генухтена, отражающий связность пор;
 n – параметр уравнения Ван-Генухтена, отражающий распределение по по размерам.

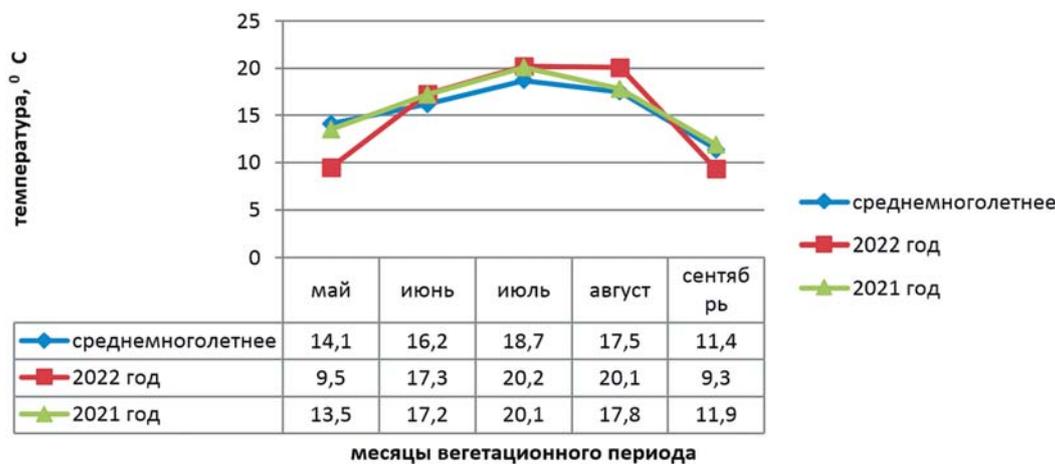


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, 0 С
Fig. 1. Average monthly air temperature, C

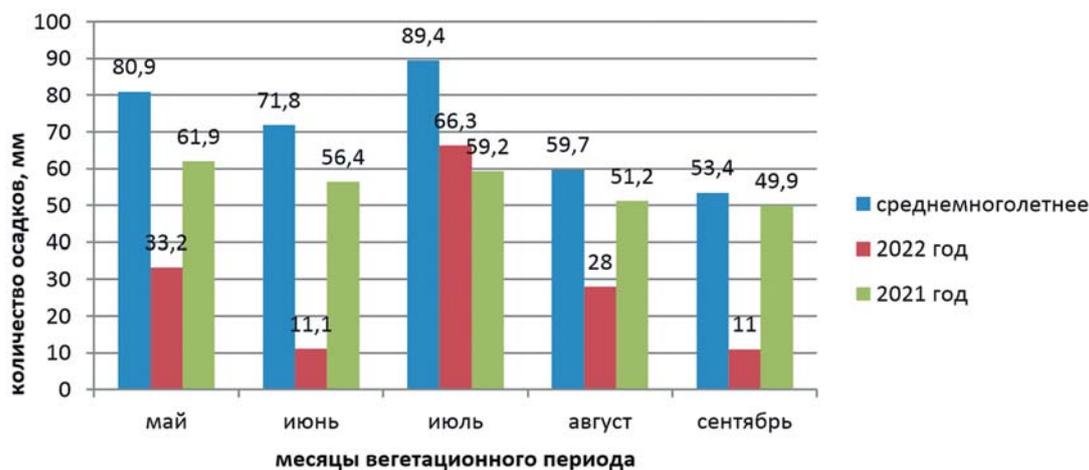


Рис. 2. Количество атмосферных осадков, мм
Fig. 2. Amount of precipitation, mm

Метеорологические условия вегетационного периода 2021 года складывались благоприятно для роста и развития цикория корневого. Температура воздуха на протяжении всего периода вегетации была близка к среднегодовым значениям, превосходя их на 1–1,5°C. Весна была тёплой и влажной, что благоприятно отразилось на процессах всходов культуры и отрастании семенных узлов. Всходы были ранними и дружными.

Погода в течение лета благоприятствовала росту растений и процессу образования корнеплодов. Тёплая и сухая погода осенью способствовала формированию крупных корнеплодов и препятствовала поражению их корневыми гнилями.

Вегетационный период 2022 года характеризовался низкими температурами воздуха в мае и сентябре и высокими её значениями в летние месяцы с резким недостатком атмосферных осадков в течение всего периода (так, в июне и сентябре их выпало лишь по 11 мм при среднегодовых показателях 71 мм и 63 мм соответственно). Это негативным образом отразилось на росте и развитии культуры цикория корневого. Высокие температуры воздуха и недостаточное количество атмосферных осадков не дало возможности сформироваться крупным корнеплодам, из-за чего урожайность их оказалась низкой, листовая розетка была более компактной, чем обычно, а форма корнеплода у всех сортов – более вытянутой. Уборку корнеплодов провели лишь в начале октября.

Размеры и схемы размещения делянок отвечали требованиям Методики опытного дела, Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [17-18]. Размер опытной делянки составил 33,6 м² в 4-х кратной повторности. Форма делянки – прямоугольная. Для посева использовали семена цикория корневого сорта Петровский.

Минеральные удобрения вносили в виде азофоски и сульфата калия.

Предшественник – чистый пар. Подготовка почвы включала: весновспашку на глубину 25-30 см, боронование, внесение минеральных удобрений вручную в виде азофоски и сульфата калия, культивацию, нарезку гребней.

Посев осуществляли в 2021 году 13 мая, в 2022 году – 14 мая вручную на гребнях с междурядьями 70 см. В течение вегетации проводили 2 ручные прополки с про-

реживанием, оставляя по 10-12 растений на погонном метре. Убирали растения вручную поделённо, взвешивая корнеплоды и измеряя надземную часть, в 2021 году – 5 октября, в 2022 году – 7 октября.

Вегетационный период в 2021 году составил 143 дня, в 2022 году – 145 дней.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2021-2022 годах во время уборки цикория корневого были проведены измерения надземной части растений цикория во всех вариантах опыта (табл. 4).

Среднее количество листьев находилось в диапазоне от 17 шт. на растение в варианте N₃₀P₃₀K₃₀ – подкормка до 30 шт. на растениях в варианта с основным внесением удобрений без подкормки.

Показатель «длина листовой пластинки» в изучаемых вариантах также имел большую изменчивость. Самую короткую листовую пластинку имели контроль и вариант с применением N₃₀ в подкормку (33 см). В условиях 2021-2022 годов самая длинная листовая пластина – 59 см зафиксирована в варианте N₆₀P₆₀K₆₀ – основное внесение + N₆₀P₆₀K₆₀ – подкормка.

Узкими листьями характеризовался контроль (5 см), а самыми широкими – вариант N₉₀P₁₂₀K₁₂₀ – основное внесение + N₃₀ – подкормка (12 см).

Площадь листовой поверхности является важным показателем, характеризующим фотосинтетический потенциал растений. Она зависит от всех трёх вышеуказанных показателей. Самой большой площадью листовой поверхности обладали растения в варианте N₆₀P₆₀K₆₀ – основное внесение + N₆₀P₆₀K₆₀ – подкормка, где этот показатель составил 9709,04 см²/раст.

Низкие значения по этому признаку имел контроль (вариант без применения минеральных удобрений) – 3141,6 см²/раст., растения на котором имели самую узкую и короткую листовую пластинку.

Самые высокие и самые низкие показатели фотосинтетического потенциала отмечены в тех же вариантах, что и по площади листовой поверхности (9,0 млн м² дней/га и 27,9 млн м² дней/га).

Таблица 4. Характеристика листового аппарата цикория корневого в среднем за 2021-2022 годы
Table 4. Characteristics of the leaf apparatus of root chicory on average for 2021-2022

Варианты опыта	Длина листа, см	Ширина листа, см	Количество листьев, шт./раст.	Площадь листовой поверхности, см ² /раст.	Фотосинтетический потенциал млн м ² дней/га
Контроль без удобрений	33	5	28	3141,6	9,0
N ₃₀ подкормка	33	8	29	5206,1	14,99
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	50	7	17	4046	11,65
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение + N ₃₀ подкормка	50	12	22	8976	25,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	53	10	20	7208	18,7
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	49	10	28	9329,6	26,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ основное внесение + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ подкормка	59	11	22	9709,04	27,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение	48	9	30	8812,8	25,38

Таблица 5. Влияние основного и дробного внесения минерального питания на урожайность цикория корневого, 2021 год
Table 5. The influence of the main and fractional application of mineral nutrition on the yield of chicory root, 2021

Варианты опыта	Повторения				Сумма	Средняя урожайность, ц/га	Отклонение от контроля, ц/га	% к контролю
	1	2	3	4				
Контроль без удобрений	144,0	127,6	160,8	152,4	584,8	146,2	-	100
N ₃₀ подкормка	205,4	236,5	220,9	213,2	876,0	219,0	72,8	143,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	157,5	196,5	177,0	167,3	698,3	174,6	28,4	119,4
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение + N ₃₀ подкормка	252,0	246,7	249,3	250,7	998,7	249,7	103,5	170,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	189,0	235,6	212,3	200,7	837,6	209,4	63,2	143,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	196,6	225,3	230,9	213,8	866,6	216,7	70,5	148,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ основное внесение + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ подкормка	229,9	230,7	232,3	230,8	923,1	230,8	84,6	157,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение	214,2	217,2	225,7	229,8	886,9	221,7	75,5	151,6
НСР _{0,5} =16, 68					Ошибка опыта 2,7%			

Таблица 6. Влияние основного и дробного внесения минерального питания на урожайность цикория корневого, 2022 год
Table 6. The influence of the main and fractional application of mineral nutrition on the yield of chicory root, 2022

Варианты опыта	Повторения				Сумма	Средняя урожайность, ц/га	Отклонение от контроля, ц/га	% к контролю
	1	2	3	4				
Контроль без удобрений	127,1	130,7	146,4	155,0	559,2	139,8	-	100
N ₃₀ подкормка	151,4	130,7	169,3	145,7	597,1	149,3	41,2	128,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	155,0	175,7	143,6	163,6	637,9	159,5	24,1	116,9
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение + N ₃₀ подкормка	212,1	205,7	210,0	195,0	822,8	205,7	83,2	158,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	230,7	195,7	222,9	205,0	854,3	213,6	68,5	147,9
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	179,3	220,7	209,3	227,1	836,4	209,1	69,9	148,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ основное внесение + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ подкормка	259,3	236,4	254,3	243,6	993,6	248,4	96,6	167,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение	227,1	200,7	195,0	192,1	814,9	203,7	69,7	148,7
НСР _{0,5} =50,25					Ошибка опыта 8,9%			

По данным некоторых исследований на яровой пшенице, при внесении повышенных доз азотного удобрения на фоне фосфорно-калийных удобрений отмечается наибольшая площадь ассимиляционной поверхности листового аппарата и увеличение продолжительности активной деятельности верхних листьев, что повышает интенсивность фотосинтеза [19].

Исследования на картофеле показали, что самая высокая интенсивность фотосинтеза отмечалась при внесении сочетаний удобрений N₆₀P₁₂₀K₆₀ и N₆₀P₉₀K₆₀. Внесение фосфора и калия по 60 кг/га незначительно повышало интенсивность фотосинтеза, а внесение азота и фосфора в таком же сочетании увеличивало её на 0,94–1,56 мг/дм²/час по сравнению с неудобренным вариантом [20,21]. Та же закономерность прослеживается и на цикории корневом.

В таблицах 5 и 6 представлены результаты влияния основного и дробного внесения минеральных удобрений на урожайность корнеплодов цикория в 2021-2022 годах по повторениям, в таблице 7 – в среднем за 2021-2022 годы.

Условия погоды в критические периоды роста и развития культур остаются важнейшим фактором эффек-

Таблица 7. Влияние основного и дробного внесения минерального питания на урожайность цикория корневого за 2021-2022 года, в среднем
Table 7. The influence of the main and fractional application of mineral nutrition on the yield of chicory root for 2021-2022, on average

Варианты опыта	Средняя урожайность за 2021-2022 годы		
	т/га	отклонение от контроля	
		т/га	%
Контроль без удобрений	14,3	-	100,0
N ₃₀ подкормка	18,4	4,1	28,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	16,7	2,4	16,8
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение + N ₃₀ подкормка	22,6	8,3	58,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	21,2	6,9	48,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ основное внесение + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀ подкормка	21,3	7,0	48,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ основное внесение + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ подкормка	23,9	9,6	67,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ основное внесение	21,3	7,0	48,9
НСР ₀₅ – 0,5 т/га			

тивности удобрений. Известно, что при недостатке или избытке тепла снижается поступление элементов питания из почвы в растения, а вместе с ними падает эффективность удобрений. Наиболее сильное отрицательное влияние оказывают низкие температуры на азотное и фосфорное питание в начале роста с.-х. культур. Количество и равномерность распределения атмосферных осадков играет определяющую роль в эффективном использовании культурами питательных веществ [22-23]. По данным белорусских ученых, эффективность удобрений в засушливые годы может снижаться на 35%, а во влажные увеличиваться на 50% по сравнению с действием в нормальные по увлажне-

ния – на всех вариантах опыта получена прибавка урожая. Самым низким этот показатель был на варианте с подкормками в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 4,1 т/га или 28,7% по отношению к контролю, где урожайность находилась на уровне 14,3 т/га. Самая высокая урожайность получена на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ – основное внесение, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – подкормка – 23,9 т/га, прибавка урожая составила 9,6 т/га при $НСР_{05}$ – 0,5 т/га.

Следует отметить закономерность, проявившуюся в опыте: чем выше показатели площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала, тем мощнее листовая розетка, тем выше урожайность корнеплодов цикория.



Рис. 3. Корнеплоды цикория, вариант $N_{60}P_{60}K_{60}$ – основное внесение, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – подкормка
Fig. 3. Chicory root, option $N_{60}P_{60}K_{60}$ – main application, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – top dressing

нию годы. Эффективность азотных удобрений больше всего зависит от количества выпадающих осадков.

По данным Синягина И.И., в Нечерноземной зоне условия погоды в критические периоды роста и развития растений остаются важнейшим фактором применения удобрений. Так, по данным опытов, проводимых в МСХА им. К.А. Тимирязева, в засушливые годы эффективность NPK снижалась в среднем на 36%, а во влажные годы возрастала на 52% по сравнению с действием удобрений в нормальные по увлажнению годы [23]. Установлено, что в благоприятные по увлажнению годы дозу азотных удобрений под яровые зерновые культуры можно увеличить до 120 кг/га, в то время как в средние по увлажнению годы она может составлять 30-90 кг/га. В умеренно влажные годы прибавка урожайности яровой пшеницы от применения N_{60} в Нечерноземной и лесостепной зонах была на 3-3,5 ц/га больше, чем в избыточно влажные [24-25].

В опытах с цикорием в 2021 году при нормальном увлажнении эффективность применения удобрений была выше, чем в 2022 году в условиях дефицита влаги.

Применение минеральных удобрений оказало положительный эффект на урожайность корнеплодов цико-

Закключение

Таким образом, по результатам проведенных в 2021-2022 годах исследований, можно сделать следующие выводы:

1. В почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны РФ на дерново-подзолистых почвах применение минеральных удобрений оказало положительный эффект на урожайность корнеплодов цикория – на всех вариантах опыта получена прибавка урожая. Наименьшая – 2,4 т/га в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ (урожайность – 16,7 т/га). Наибольший эффект от применения минеральных удобрений наблюдался при системе минерального питания, включающей в себя основное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{60}P_{60}K_{60}$ – подкормка (урожайность – 23,9 т/га), где получена самая большая прибавка урожая корнеплодов – 9,6 т/га при $НСР_{05}$ – 0,5 т/га, или 67,1% по отношению к контролю (вариант без применения удобрений).

2. Чем более развита листовая розетка растений, тем выше урожайность корнеплодов цикория корневого. Так, на контроле площадь листовой поверхности была наименьшая, и составляла 3141,6 см², а на самом урожайном – основное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ + $N_{60}P_{60}K_{60}$ – подкормка показала максимальное значение – 9709,04 см².

• Литература

1. Madrigal L., Sangronis E. Inulinandits derivatives as key ingredients in functional foods. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 2007;57(4):387-96.
2. Вьютнова О.М. История и распространение культуры цикория. *Овощи России*. 2016;(1):52-53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-52-53> <https://www.elibrary.ru/vmjwww>
3. Bais L.P., Ravishankar G.A. Overview of Cichorium intybus L. – cultivation, processing, utility, value added and biotechnology, with an emphasis on the current state and prospects for the future. *Journal of Food and Agriculture Science*. 2001;(81):467-484.
4. Иванова С.С. Влияние предшественников и удобрений на урожайность и качество цикория корневого. *Земледелие*. 2010;(1):37-38. <https://www.elibrary.ru/kzeagj>
5. Невзоров М.А. Роль различных доз и способов внесения минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы на силос. *Наука и образование*. 2020;3(4):299. <https://www.elibrary.ru/izfztrh>
6. Mineev V.G., Sychev V.G., Gazikov G.P. и др. *Агрохимия*. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с. <https://www.elibrary.ru/yjnihg>
7. Евтеев Ю.В., Казанцев Г.М. Основы агрономии. М.: ФОРУМ. 2013. 368 с.
8. Степура М.Ф. Системы рационального применения минеральных и органических удобрений при орошении под овощные культуры на дерново-подзолистых почвах Беларуси. *Овощеводство*. 2008;(15):71-82.
9. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. *Агрохимия*. М. Колос.2002. 584 с.
10. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур (научная монография). М. ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. С. 81-87.
11. Степура М.Ф. Удобрение и орошение овощных культур. Минск. Рэйплац. 2008. 142 с.
12. Лапа В.В. Система применения удобрений. Гродно. 2011. С.122-127.
13. Вильчик В.А. Цикорий. Верхне-Волжское книжное издательство. Ярославль.1982. 19 с.
14. Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А., Максимова К.С. Агрохимические методы повышения урожайности цикория корневого. *Овощи России*. 2023;(1):90-94. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-90-94> <https://www.elibrary.ru/pokkhw>
15. Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А., Максимова К.С. Влияние предшественников, минеральных удобрений и гумата на засоренность посевов сорными растениями и урожайность корнеплодов цикория корневого. *Овощи России*. 2022;(6):118-124. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-118-124> <https://www.elibrary.ru/gsvlqc>
16. Авдонин Н.С. Цикорий. М., Издание Всесоюзного НИИ сырья спиртовой промышленности. 1935. С. 223-227.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, Агропромиздат. 1985. С. 362-366.
18. Белик В.Ф. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. Москва. Агропромиздат.1992. 319 с.
19. Лавринова Т.С. Влияние возрастающих доз азотных удобрений и применения химических средств защиты растений на урожайность яровой пшеницы в условиях северо-восточной части ЦЧЗ. *Зерновое хозяйство России*. 2013;(2):38-43. <https://elibrary.ru/qbpetj>
20. Куналиева М.К., Браун Э.Э. Удобрения и качество клубней картофеля. *Молодой ученый*. 2015;6-3(86):36-38. <https://www.elibrary.ru/zrjhlf>
21. Абитова Б.К. Продуктивность картофеля при использовании птичьего помета и минеральных удобрений на темно-каштановых почвах западного Казахстана. Саратов. 2013.
22. Проберzh Э.С. Влияние погодных факторов на эффективность удобрений в почвозащитном севообороте. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2004;4(4):20-21. <https://elibrary.ru/mwdwtb>
23. Багринцева В.Н., Ивашененко И.Н. Влияние погодных условий в ставропольском крае на эффективность доз азотного удобрения на кукурузе. *Агрохимия*. 2020;(2):77-83. <https://doi.org/10.31857/S0002188120020039> <https://elibrary.ru/klssov>
24. Гамзиков Г.П. Вклад академика И.И. Синягина в развитие агрохимической науки. К 105-летию со дня рождения (1911-1978). *Агрохимия*. 2016;(11):78-88. <https://elibrary.ru/wybild>
25. Семенова Е.А., Афанасьев Р.А. Эффективность применения удобрений под яровую пшеницу в условиях Уральского региона. *Плодородие*. 2018;6(105):2-4. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.105.01> <https://elibrary.ru/yppoox>

• References

1. Madrigal L., Sangronis E. Inulinandits derivatives as key ingredients in functional foods. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 2007;57(4):387-396.
2. Vyutnova O.M. History and spread of chicory crop. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(1):52-53. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-52-53> <https://www.elibrary.ru/vmjwww>
3. Bais L.P., Ravishankar G.A. Overview of Cichorium intybus L. – cultivation, processing, utility, value added and biotechnology, with an emphasis on the current state and prospects for the future. *Journal of Food and Agriculture Science*. 2001;(81):467-484.
4. Ivanova S.S. Influence of predecessor and fertilizers on yield and quality of coffee chicory. *Zemledelie*. 2010;(1):37-38. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/kzeagj>
5. Nevzorov M.A., Nevzorov A.I. The role of different doses and methods of application of mineral fertilizers on yield and quality of maize on silos. *Science and Education*. 2020;3(4):299. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/izfztrh>
6. Mineev V.G., Sychev V.G., Gazikov G.P., etc. *Agrochemistry*. M.: Publishing house of the D.N. Pryanishnikov VNIIA.2017. 854 p. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yjnihg>
7. Evtsev Yu.V., Kazantsev G.M. *Fundamentals of agronomy*. M.: FORUM. 2013. 368.
8. Stepuro M.F. Systems of rational use of mineral and organic fertilizers for irrigation for vegetable crops on sod-podzolic soils of Belarus. *Vegetable growing*. 2008;(15):71-82. (In Russ.)
9. Yagodin B.A., Zhukov Yu.P., Kobzarenko V.I. *Agrochemistry*. M. Kolos.2002. 584 p. (In Russ.)
10. Borisov V.A. The system of fertilization of vegetable crops (scientific monograph). M. FSBI "Rosinformagrotech". 2016. P.81-87. (In Russ.)
11. Stepuro M.F. Fertilization and irrigation of vegetable crops. Minsk, 2008. 142 p. (In Russ.)
12. Lapa V.V. Fertilizer application system. Grodno. 2011. P.122-127. (In Russ.)
13. Vilchik V.A. Chicory. Yaroslavl.1982. 19 p. (In Russ.)
14. Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A., Maksimova K.S. Agrochemical methods for increasing the yield of root chicory. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(1):90-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-90-94> <https://www.elibrary.ru/pokkhw>
15. Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A., Maksimova K.S. Influence of predecessors, mineral fertilizers and humate on the infestation of crops with weeds and the yield of chicory roots. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(6):118-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-118-124> <https://www.elibrary.ru/gsvlqc>
16. Avdonin N.S. Chicory. M. Publication of the All-Union Research Institute of raw materials of the alcohol industry. 1935. P.223-227. (In Russ.)
17. Dospikhov B.A., Methodology of field experience. Moscow, Agropromizdat. 1985. P.362-366. (In Russ.)
18. Belik V.F., Methodology of field experience in vegetable growing and melon growing. Moscow. Agropromizdat.1992. 319 p. (In Russ.)
19. Lavrinova T.S. Influence of increasing doses of nitrogen fertilizers and use of chemical means of plant protection upon productivity of spring wheat in the conditions of North-East part of CCH. *Grain economy of Russia*. 2013;(2):38-43. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qbpetj>
20. Kuanalieva M.K., Brown E.E. Fertilizers and quality of potato tubers. *Young scientist*. 2015;6-3(86):36-38. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/zrjhlf>
21. Abitova B.K. Potato productivity when using bird droppings and mineral fertilizers on dark chestnut soils of western Kazakhstan, Saratov. 2013. (In Russ.)
22. Proberzh E.S. Effect of weather factors on the efficiency of fertilizers in the process of soil-protective crop rotations. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2004;4(4):20-21. (In Russ.) <https://elibrary.ru/mwdwtb>
23. Bagrintseva V.N., Ivashenenko I.N. Influence of weather conditions in the stavropol territory in efficiency of doses of nitrogen fertilizer on corn. *Agrohimia*. 2020;(2):77-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188120020039> <https://elibrary.ru/klssov>
24. Gamzikov G.P. The contribution of the academician I.I. Sinyagin to development of agrochemical science. to the 105 anniversary since birth (1911-1978). *Agrohimia*. 2016;(11):78-88. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wybild>
25. Semenova Ye.A., Afansev R.A. Efficiency of application of fertilizers under spring wheat under the conditions of the Ural region. *Plodorodie*. 2018;6(105):2-4. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.105.01> <https://elibrary.ru/yppoox>

Об авторах:

Ольга Михайловна Вьютнова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1171-6736>, SPIN-код: 8940-4265, автор для переписки, rossc2010@yandex.ru
Ирина Викторовна Смирнова – руководитель Ростовской ОСЦ – филиала ФГБНУ ФНЦО, <https://orcid.org/0000-0002-5201-2252>, SPIN-код: 8201-1963
Ирина Александровна Новикова – научный сотрудник, SPIN-код: 8742-0751
Ксения Сергеевна Максимова – младший научный сотрудник, SPIN-код: 7138-0948

About the Authors:

Olga M. Vyutnova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1171-6736>, SPIN-code: 8940-4265, Corresponding Author, rossc2010@yandex.ru
Irina V. Smirnova – Head of the Rostov OSC - a branch of the FSBSI FSVC, <https://orcid.org/0000-0002-5201-2252>, SPIN-code: 8201-1963
Irina A. Novikova – Researcher, SPIN-code: 8742-0751
Ksenia S. Maksimova – Junior Researcher, SPIN-code: 7138-0948

Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81
УДК: 635.65:631.526.32(211)

И.М. Кайгородова^{1*}, Е.Г. Козарь¹,
В.А. Ушаков¹, Т.М. Романенко¹,
А.Б. Филиппова², М.С. Анисимов²,
Е.А. Галкина³, И.В. Кузьмина³

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Нарьян-Марский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук – «Нарьян-Марская сельскохозяйственная опытная станция» 166004, Россия, НАО, г. Нарьян-Мар, ул. Рыбников, д. 1А

³ Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН 167023, Россия, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27

4АО «Концерн ГРАНИТ» 119019, Россия, г. Москва, Гоголевский бульвар, д. 31, стр. 2

*Автор для переписки: kaigorodova-i@mail.ru

Вклад авторов: Кайгородова И.М., Филиппова А.Б.: проведение исследования; Кайгородова И.М., Галкина Е.А.: изучение литературы, обработка и анализ экспериментальных данных, создание черновика рукописи, Козарь Е.Г.: концептуализация, обобщение полученных данных, написание и редактирование рукописи, Романенко Т.М.: администрирование проекта исследования, Ушаков В.А.: научное руководство исследованием, редактирование рукописи; Анисимов М.С., Кузьмина И.В.: обработка и анализ экспериментальных данных, редактирование рукописи.

Благодарности. Авторы выражают благодарности коллегам из ФГБНУ ФНЦО (лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, лабораторно-аналитического отдела), Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции ФИЦКИА УрО РАН, института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и АО «Концерн ГРАНИТ».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Романенко Т.М., Филиппова А.Б., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В. Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом. *Овощи России*. 2025;(1):70-81. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81

Поступила в редакцию: 14.11.2024

Принята к печати: 10.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Irina M. Kaigorodova¹, Elena G. Kozar'¹,
Vladimir A. Ushakov¹, Tatyana M. Romanenko²,
Anastasiya B. Filippova², Mikhail S. Anisimov²,
Ekaterina A. Galkina³, Irina V. Kuzmina³

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selektsionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

² Naryan-Mar branch Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – Naryan-Mar Agricultural Experimental Station 1A, Rybnikov street, Naryan-Mar, NAO, Russia, 166004

³ A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 27, Rucheynaya street, Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 167023

¹JSC «Concern GRANIT» 31, bldg. 2, Gogolevsky blvd., Moscow, Russia, 119019

*Correspondence Author: kaigorodova-i@mail.ru

Authors' Contribution: Kaigorodova I.M., Filippova A.B.: conducting research; Kaigorodova I.M., Galkina E.A.: studying literature, processing and analyzing experimental data, creating a draft manuscript. Kozar' E.G.: conceptualization, generalization of the obtained data, writing and editing of the manuscript; Romanenko T.M.: administration of the research project; Ushakov V.A.: scientific management of the research, editing of the manuscript; Anisimov M.S., Kuzmina I.V.: processing and analysis of experimental data, editing of the manuscript.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to their colleagues from the FSBSI FSVC (laboratory of selection and seed production of vegetable legumes, laboratory and analytical department), Naryan-Mar Agricultural Experimental Station, Institute of Agrobiotechnology of the Federal Research Center of Komi Scientific Center and JSC Concern GRANIT.

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

For citation: Kaigorodova I.M., Kozar' E.G., Ushakov V.A., Romanenko T.M., Filippova A.B., Anisimov M.S., Galkina E.A., Kuzmina I.V. Testing of the new technology «TOR» on vegetable legumes crops varieties by the FSBSI FSVC breeding the Arctic Circle. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):70-81. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81

Received: 14.11.2024

Accepted for publication: 10.12.2024

Published: 28.12.2024

Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях сурового климата Арктики, где теплый сезон с максимальной среднесуточной температурой выше 10 °С, длится всего три месяца, ученые отрасли растениеводства проводят испытания и создают уникальные сорта сельскохозяйственных культур, которые смогут обеспечить северные регионы свежей и богатой витаминами овощной продукцией.

Материалы и методы. В Ненецком автономном округе на базе Нарьян-Марской опытной сельскохозяйственной станции проведено испытание инновационной технологии праймирования семян овощных бобовых культур электромагнитным воздействием, разработанным АО «Концерн ГРАНИТ» аппаратом «ТОР» на отечественных сортах гороха овощного и бобов овощных селекции Федерального научного центра овощеводства (ФГБНУ ФНЦО).

Результаты. Испытанные сорта овощных бобовых культур за Северным полярным кругом смогли полностью реализовать свой продуктивный потенциал, а полученные результаты наблюдений за ростом и развитием культур подтвердили наличие благоприятных для выбранных культур условий. Качество овощной продукции и полученных семян овощных бобовых культур в Заполярье в 2024 году оказалось выше, чем в Подмоскovie за счет более низкой фитопатогенной нагрузки. Электромагнитное праймирование аппаратом «ТОР» позволило получить в условиях Крайнего Севера продуктивность зеленого горошка у отзывчивых сортов и семенной продуктивности у бобов – на 3-16% и на 12-35% соответственно больше относительно контроля. Благодаря применению аппарата «ТОР» отмечается ускорение созревания, повышение урожайности и качества продукции, что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода. Таким образом, благоприятные условия и конкурентные возможности, обусловленные географическим расположением Российского Севера, создают перспективы для развития производства органической продукции на экологически чистых территориях. Такая продукция может быть конкурентоспособной не только на региональном, но и на национальном и международном продовольственных рынках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Северный полярный круг, Арктическое земледелие, горох овощной, бобы овощные, продуктивность, качество продукции, свежие овощи, электромагнитное излучение, праймирование, семена

Testing of the new technology «TOR» on vegetable legum crops varieties by the FSBSI FSVC breeding the Arctic Circle

ABSTRACT

Relevance. In the harsh climate of the Arctic, where the warm season with a maximum average daily temperature above 10 °C lasts only three months, scientists in the crop industry are conducting tests and creating unique varieties of crops that will be able to provide the northern regions with fresh and vitamin-rich vegetable products.

Materials and Methods. In the Nenets Autonomous Okrug, at the Naryan-Mar Experimental Agricultural Station, an innovative technology for priming seeds of vegetable legumes with electromagnetic exposure developed by JSC «Concern GRANIT» with the «TOR» device was tested on domestic varieties of *Pisum sativum* L. and *Vicia Faba* L. selected by the Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC).

Results. The tested varieties of vegetable legumes beyond the Arctic Circle were able to fully realize their productive potential, and the results of observations of the growth and development of crops confirmed the presence of favorable conditions for the selected crops. The quality of vegetable products and the obtained seeds of vegetable legumes in the Arctic in 2024 turned out to be higher than in the Moscow region due to a lower phytopathogenic load. Electromagnetic priming with the «TOR» device made it possible to obtain, in the conditions of the Far North, the productivity of green peas in responsive varieties and seed productivity in beans – by 3-16% and 12-35%, respectively, more than in control. Thanks to the use of the «TOR» device, acceleration of ripening, an increase in yield and product quality are noted, which is especially important in the conditions of a short growing season. Thus, favorable conditions and competitive opportunities for agriculture in the geographical location of the Russian North provide good opportunities to produce organic products in ecologically clean areas, which will be competitive not only in the regional, but also in the national and international food markets.

KEYWORDS:

Arctic Circle, Arctic agriculture, *Pisum sativum* L., *Vicia Faba* L., productivity, product quality, fresh vegetables, electromagnetic radiation, priming, seeds.

*«...не климат удерживал Печорское сельскохозяйственное развитие,
а условия, ничего общего с климатом не имеющие.*

*И недалеко, надеемся, то время, когда приполярное изобилие
света будет использовано на благополучие России...»*

А.В. Журавский (географ, биолог,
этнограф, основоположник научного
хозяйственного освоения Крайнего Севера)

В условиях сурового климата Арктики, где теплый сезон с максимальной среднесуточной температурой выше 10°C, длится всего три месяца, ученые отрасли растениеводства проводят испытания и создают уникальные сорта сельскохозяйственных культур, которые смогут обеспечить северные регионы (Архангельская область, Республика Коми и Ненецкий автономный округ) свежей и богатой витаминами овощной продукцией. Исторически считалось невыгодным заниматься овощеводством в тех краях, расположенных выше 65° с.ш., даже выращиванием картофеля. Во время остановки путешественником А.И. Шренком на левом берегу Печи в Тиманском приходе в 1895 году записано: «Одно крестьянское семейство, несколько лет сряду пыталось сеять зерновой хлеб, но, наконец, решительно бросило это занятие, потому что, кроме ячменя, у него ничего не созревает, даже редька и морковь ежегодно дают тоненькие корешки» [1; 2]. В начале XX века возможность северного земледелия доказал основатель сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России А.В. Журавский. В 1911 году распоряжением Департамента земледелия России в Усть-Цильме была открыта Печорская сельскохозяйственная опытная станция, основателем и первым директором которой и стал А.В. Журавский. Он убедительно доказал, что «Не климат удерживал Печорское сельскохозяйственное развитие, а условия, ничего общего с климатом не имеющие. И недалеко, надеемся, то время, когда приполярное изобилие света будет использовано на благополучие России...» [3]. Целесообразность «осеверения» земледелия обосновывали также Д.Н. Прянишников [4], Н.И. Вавилов [5] и другие ученые [6].

Большая роль в научном обеспечении развития земледелия в северном округе принадлежит Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции (Н-МСХОС), открытой в 1932 году и впервые доказавшей возможность выращивания сельскохозяйственных культур, что стало началом научно обоснованного развития в округе новой отрасли земледелия. Большая работа проведена сотрудниками станции в 1939 году по выявлению возможностей произрастания зерновых культур. На небольших деляночных опытах было высеяно 100 сортов пшеницы, ячменя и овса. Наряду с отечественными, были и сорта из Канады, Австралии, Турции и Норвегии. Наиболее приспособленными к климатическим условиям Крайнего Севера из этих культур оказался ячмень. После посещения округа в 1938 году академиком О.Ю. Шмидтом (начальником Главсевморпути) на строительство блочной и клинковой теплиц станции были выделены средства для организации овощеводства закрытого грунта. С этого

времени на станции начались плановые экспериментальные и производственные исследования в области овощеводства.

В те годы господствовало мнение о невозможности развития в Ненецком округе овощеводства в открытом грунте, и оно должно идти только по линии защищенного грунта, а значит с использованием дорогостоящих теплиц и парников. Эти «теории» сотрудниками станции были опровергнуты. За три года плодотворной работы была доказана, не только возможность произрастания овощных культур, таких как капуста, брюква, репа, морковь и картофель, но и получение их хороших урожаев [7]. В 1943 году на Н-МСХОС продолжены работы по испытанию новых культур: сахарной свеклы, льна, махорки, чеснока, моркови, репы, брюквы, капусты. Проведенные испытания показали возможность их выращивания в климатических условиях округа.

С годами ассортимент культур обновлялся (петрушка, ревен, просо, листовая горчица, лук, пастернак, гречиха). Вопросами возделывания картофеля в округе станция занималась более 30 лет, с момента ее основания и в течение почти 20 лет перед ней ставили одни и те же вопросы, касающиеся опровержения невозможности развития в округе земледелия открытого грунта. Путем кропотливого труда создавались коллекционные питомники по картофелю и кормовым травам. В коллекцию входил сорт картофеля К-6 устойчивый к заморозкам до -2,5 °С, урожайность, которого доходила до 200 ц/га. Параллельно проводились работы по изучению возможности ведения семеноводства. В результате проведенных исследований отработана технология получения семян на территории округа. Так, в 1944 году были получены семена брюквы, репы, редьки, свеклы, капусты и турнепса [7; 8]. Однако, после ВОВ в связи с ликвидацией хозяйств в государственных и кооперативных организациях ввиду активизации «северного завоза» сельскохозяйственной продукции из центральных областей, площади сельхозугодий сократились до уровня огородничества.

С изменением климатических условий за последние 30 лет, результатом которых стало наступление ранних весен, увеличение вегетационного периода, отсутствие ранних заморозков в августе, снижение частоты неблагоприятных погодных явлений (туманы, перепады температур и др.) сложились наиболее благоприятные условия для развития овощеводства и картофелеводства в округе [9, 10]. В настоящее время в Архангельской области, Республике Коми и Ненецком автономном округе сформировался своеобразный «банк здоровых сортов картофеля», кото-

рый активно развивается. Семенной картофель, полученный в северных регионах, обладает целым набором преимуществ. Одним из главных факторов – это глубокое промерзание почвы зимой, что является естественной защитой клубней от болезней. Продолжительный полярный день и обилие летних осадков способствуют интенсивному развитию растений, а прохладная погода во время сбора урожая сохраняет качество клубней при хранении [11].

Директор станции, кандидат биол. наук Татьяна Михайловна Романенко, рассказала, что активная работа с овощными культурами на станции в этом регионе продолжалась, по архивным данным, до 1965 года при тесном сотрудничестве с Грибовской селекционно-опытной станцией (ныне – головное учреждение ФГБНУ ФНЦО). Согласно отчетам о научно-исследовательской работе с 1932 по 2015 года, сохранившимся в архиве станции, отечественные образцы различных овощных культур проходили экологическое испытание, подбирались сортимент адаптированных к местным условиям сорта, разрабатывались элементы технологии овощеводства и ведения их семеноводства за Северным полярным кругом. В ежегодных отчетах, представлены результаты исследований по капусте белокочанной – сорт Номер первый, томату – сорт Грунтовый скороспелый, моркови – сортов Нантская и Шантенэ, репы – сорт Петровская, редьки – сорт Грайворонская, редиса – сорт Розовый с белым кончиком и др. В 2024 году, спустя почти 60 лет, сотрудничество вновь возобновлено [12].

В настоящее время существует необходимость разработки современных технологических приемов выращивания сельскохозяйственных культур в агроклиматических условиях Арктики, направленных на ускорение их созревания и повышения урожайности в условиях короткого лета и полярного дня, в том числе и с использованием инновационных технологий обработки посадочного и посевного материала. Особое внимание исследователей и практиков сельскохозяйственного производства в последние годы привлекают инвазивные методы стимуляции прорастания семян и развития растений, способствующие более полной реализации генетически заложенного в сорте (гибриде) продуктивного потенциала.

Прорастание семян и появление всходов является важным этапом роста растений. Для улучшения показателей всхожести используется, так называемое праймирование, т.е. различные способы обработки и физические воздействия на семена в период предпосевной подготовки. Использование праймированных семян позволяет получить быстрые и дружные всходы, хотя такие семена имеют высокую стоимость. Существует несколько способов инвазивного праймирования: осмопрайминг, гидропрайминг, галопрайминг и прайминг твердого матрикса [13, 14]. В процессе большинства типов обработок семена достигают высокого содержания влаги до определенного уровня, а после должны быть высушены до влажности 7-8% для безопасного сохранения семян в процессе посева. При неблагоприятных условиях хранения такие семена могут портиться быстрее, чем семена без обработки, а во многих случаях праймированные семена вообще не пригодны к длительному хранению [15, 16].

На таких специфических культурах, как бобовые, не все способы праймирования можно использовать из-за биологических особенностей самих семян. Поэтому есть интерес использования приемов праймирования с помощью неинвазивного физического воздействия: различных газов, холодной плазмы, лазера и электромагнитных излучений, в результате чего возникает эустресс – форма стресса, благоприятно влияющая на развитие растительного организма. Кроме того, ростостимулирующие физические воздействия на семена, клубни, луковицы, проростки или взрослые растения имеют наибольший интерес с точки зрения получения экологически безопасной продукции.

Магнитные и электрические поля являются физическими факторами, которые широко испытываются и применяются в сельскохозяйственной практике. Повышение урожайности и качества продукции достигается за счет более полной реализации генетического, физиологического, иммунологического, биохимического потенциала растений после обработки в оптимальных дозах. Активные исследования влияния магнитного и электрического поля на семена растений, урожайность и качество урожая начались в СССР, США, Канаде, Франции в середине 50-х годов 20-го века. Первыми стали на практике в больших промышленных масштабах использовать электромагнитные установки для обработки семян сельхозпроизводители Канады. Так, в 1970 году в провинции Альберта, одном из основных зерновых регионов Канады электромагнитной обработке подвергались семена для площади более 20 тыс. га. Затем в различных регионах СССР в 1980-1992 годах проводились широкомасштабные испытания электромагнитной обработки семян на десятках тысяч гектаров. Зафиксированы многочисленные положительные результаты при крайне низких эксплуатационных затратах. Средняя величина повышения урожайности зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза) составила 10-12%. Но, были и более высокие результаты: повышение урожайности зерновых культур на 18-22%, овощных культур на 22-30% [17].

Важно отметить, что такая обработка семян, как магнитопрайминг, применяемая на сухих семенах, не требует дальнейшей сушки и хранения при специальных условиях. Исследования многих ученых в различные годы с использованием магнитного поля в качестве неинвазивного метода повышения урожайности сельскохозяйственных культур показали повышение энергии прорастания и скорость роста проростков многих культур [18-21]; улучшение ростовых процессов растений и высокую способность клеток к пролиферации [22, 23]; повышение содержания фотосинтетических пигментов и эффективности работы фотосистемы; повышение устойчивости к таким неблагоприятным факторам окружающей среды, как засоленность почв и воды, вымокание грунтов и высокая интенсивность ультрафиолета [24, 25]. Результаты исследований магнитопрайминга на различных овощных культурах (томат, перец сладкий, лук репчатый, капуста цветная, капуста белокочанная и морковь столовая) показывают не только повышение всхожести семян (на 8-14%),

но и увеличение линейного роста корней и побегов [26]. Отмеченное стимулирующее действие магнитного поля на проростках пшеницы позволило предположить механизм данного воздействия на ростовые процессы за счет стимуляции окислительного стресса в растениях, изменения проницаемости мембран, увеличения концентрации минеральных элементов в клетке [27].

Одним из недостатков метода является необходимость точной корректировки условий обработки семян каждого вида, сорта или даже партии семян [28], поскольку получение максимальной эффективности от магнитоприминга зависит от целого ряда факторов, таких как период и интенсивность воздействия, возраст, плоидность и сложность строения целевого органа или ткани, условия выращивания растений и т.д. [29]. Поэтому, известный российский ученый в области физической химии и химической физики Бучаченко А.Л. указывал на важность изучения процессов магнитобиологии. Исследования магнитно-зависимых механизмов двух ключевых жизнеобеспечивающих процессов – синтеза АТФ и репликации ДНК, где ключевым элементом концепции служит ион-радикальная пара, в которой конкуренция химических и физических процессов (прямой и обратный переносы электрона, спиновая магнитно-индуцированная конверсия, а также реакции распада и присоединения радикалов) управляется магнитными взаимодействиями. Синтез АТФ и репликация ДНК играют главную роль в функционировании живых организмов: в делении клеток, в работе генетического аппарата, в экспрессии генов и синтезе соответствующих им ферментов, в управлении биологическими часами [30]. Ион-радикальные механизмы, возможно, являются ключом к пониманию многочисленных явлений, наблюдаемых в магнитобиологии, а исследования способов управления этими процессами позволят найти подход и совершенствование и такой технологии как праймирование семян магнитными полями.

Таким образом, использование электромагнитных излучений является одним из перспективных способов обработки семян, который обладает следующими преимуществами – дешево, быстро, неинвазивно, экологично. В настоящее время учеными создаются различные типы современных излучателей и разрабатываются способы их применения в сельскохозяйственной практике (31, 32). В связи с этим, целью наших исследований является изучение реакции различных сортов гороха овощного на дистанционную обработку посевов аппаратом «ТОР». Принцип действия прибора базируется на применении особого широкополосного, неионизирующего нетеплового импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ). Существенным достоинством является, не только бесконтактный характер электромагнитных излучений аппарата «ТОР» (ЭМИ «ТОР»), но и возможность его применения для обработки посевов на участках до 10 га и больших складских помещений.

Условия, материал и методы исследований

Город Нарьян-Мар находится за Северным полярным кругом ($67^{\circ}38'16''$ с.ш. $53^{\circ}00'24''$ в.д.), расположен в низовьях реки Печоры, в 110 км от Баренцева моря. Его климат субарктический, с долгой морозной зимой и коротким прохладным летом. С 21 мая по 21 июля в регионе период солнцестояния – полярный день (рис. 1).

Посев бобовых овощей проводят в ранние сроки при наличии необходимой высокой влажности почвы для лучшего и быстрого прорастания семян. В Ненецком автономном округе эти культуры возможно сеять в середине июня, когда растаял снег и прогрелась почва. Сильным отличием погодных условий 2024 года от среднееголетних значений стало долгое наступление благоприятных условий для начала вегетации опытных культур, а выпавшие осадки в июне в основном отмечены в виде снега и 90% которых пришлось на начало месяца (табл. 1).



Рис. 1. Географическое расположение Ненецкого автономного округа
 Fig. 1. Geographical location of the Nenets Autonomous Okrug

Таблица 1. Температура воздуха и количество осадков за вегетационный период 2024 года (метеостанция г. Нарьян-Мар)
Table 1. Air temperature and precipitation for the growing season of 2024 (Naryan-Mar weather station)

Месяц, показатель	Температура воздуха, °С		Сумма осадков, мм	
	2024 год	среднемноголетнее значение	2024 год	среднемноголетнее значение
Июнь	6,8	7,5	68,0	49,7
Июль	15,7	14,0	40,0	49,7
Август	13,2	11,0	7,3	67,4

*<https://rp5.ru>

Дефицит влаги был отмечен в течение всего периода вегетации, а уровень температуры воздуха был выше среднемноголетних значений. В целом погодные условия 2024 года позволили растениям овощных бобовых культур сформировать продуктивность зеленого горошка (горох) и зеленых бобов (бобы).

Опытный участок Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции размещался вблизи города Нарьян-Мар (67.676686, 53.119970). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, окультуренная, слабокислой реакции, не отличается высокими показателями плодородия. Агрохимические показатели: рН водный. 6,6-6,8; рН солевой 5,8-6,0; С орг. 1,40-1,45%; N орг. 0,6-0,7%, P₂O₅ – 0,18-0,21%.

Материал: аппарат «ТОР» производства АО «Концерн ГРАНИТ» (рис. 2), семена и растения сортов бобов овощных – Велена, Русские черные, гороха овощного – Каира, Корсар, Крейсер селекции ФГБНУ ФНЦО. Варианты опыта: 1 – контроль (без обработки),

зателей проводили в соответствии с общепринятыми методиками [35-37]. Площадь учетной делянки – 2 м², повторность – трехкратная, число учетных растений с повторности – 15 шт. В конце вегетационного периода проводили учеты в фазу технической спелости, измеряли морфометрические показатели растений и среднюю продуктивность зеленого горошка (горох овощной) и продуктивность семян (бобы овощные). Семена бобов овощных дозаривали в бобах, при достижении влажности семян около 10% – проводили учет семенной продуктивности.

Фенологические наблюдения и оценку морфометрических параметров проводили на базе Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции филиала ФИЦ комплексного изучения Арктики. Микробиологическую оценку почвы в вариантах опыта проводили на базе лабораторно-аналитического отдела (ЛАО ФГБНУ ФНЦО) согласно соответствующим методикам.



Рис. 2. Аппарат «ТОР»
Fig. 2. The «TOR» device



Рис. 3. Посев семян и обработка аппаратом «ТОР» опытных участков, г. Нарьян-Мар
Fig. 3. Sowing seeds and processing with the «TOR» apparatus of experimental plots, Naryan-Mar



2 – обработка воздушно-сухих семян ЭМИ «ТОР» до посева, экспозиция 5 минут, 3 – обработка опытного участка ЭМИ «ТОР» на следующие сутки после посева семян в грунт, экспозиция 15 минут (рис. 7). Настройка режима обработки проводилась в соответствии с рекомендованными авторами параметрами (Патент РФ №2765973 от 07 февраля 2022 года) [33].

Посев проводили вручную, норма высева из расчета 100 шт/м² (горох) и 30 шт/м² (бобы). Агротехника выращивания – общепринятая (прополка, мотыжение, полив) [34]. Внешний вид опытного участка на разных стадиях вегетации бобовых культур представлен на рисунке 8.

Учеты и наблюдения. Учет фенотипических, морфометрических параметров и биохимических пока-



Рис. 4. Посевы овощных бобовых культур на разных этапах вегетации, г. Нарьян-Мар
Fig. 4. Crops of vegetable legumes at different stages of vegetation, Naryan-Mar

Содержание углеводов (сахаров) в зеленом горошке по шкале BRIX [38] измеряли ручным рефрактометром PAL-1 производства компании «АТАГО» (Япония).

Основным критерием характера и направленности действия ЭМИ прибора «ТОР» на изучаемые параметры растений служил показатель биологической эффективности (БЭ%), отражающий отклонение значений в опыте от контроля, выраженное в процентах, которую рассчитывали по соответствующей формуле.

Обработку полученных данных проводили методами статистического анализа с использованием пакета ANOVA программы EXEL 2010 по стандартным методикам [39].

Результаты исследований

Горох овощной. Появление всходов растений гороха овощного на опытных и контрольных участках после посева ожидалось длительный период (до одного месяца), так как сложившиеся условия недостатка влаги в почве не позволили семенам своевременно прорасти. Полевая всхожесть в опытных вариантах у всех сортов была отмечена ниже уровня контрольных значений на 7-28%. Лишь растения сорта Крейсер в варианте с обработкой после посева имели всхожесть на уровне контроля – 81% (табл. 2). Это указывает на необходимость подбора сроков сева и проведения дополнительных агроприемов (полив) для обеспечения оптимальных условий прорастания праймированных семян гороха овощного. Несмотря на позднее появление всходов, растения всех сортов успели сформировать зеленую массу и завязать зеленые бобы, часть из которых достигла технической спелости (рис. 5). При этом обработка электромагнитным праймированием семян до посева позволила сформировать растениям массу больше на 15-27% в зависимости от сорта и на 5-37% – при обработке после посева.

Сортоспецифичность направленности эффектов отмечена по признаку число продуктивных узлов: два сорта Каира и Корсар положительно реагировали на ЭМИ «ТОР», где разница составила 9-27%, а сорт Крейсер с детерминантным типом роста стебля, формировал на 8-16% продуктивных узлов меньше контроля. На признак число бобов ЭМИ праймирование положительно отразилось только на сорте Каира, растения которого сформировали на 8-12% бобов больше, чем в контроле. У других сортов гороха овощного отмечено несущественное снижение величины этого признака относительно контрольного варианта. Общий потенциал продуктивности растений, который можно оценить по числу завязавшихся незрелых бобов (стадия лопатки), в опытных вариантах был наиболее высоким на сорте Корсар, где обработка семян ЭМИ до и после посева приводила к их большему образованию на 30-113% соответственно относительно контроля, тогда как у сорта Крейсер, наоборот, к снижению на 13-100%.

На показатель масса боба у всех сортов отмечено положительное влияние ЭМИ «ТОР», в среднем по вариантам обработки получено увеличение на 17%. Менее отзывчивым, но все же с положительной реакцией характеризовался признак длина боба, значения которого на 5-11% превысили контроль в зависимости от варианта обработки (табл. 2). Электромагнитное праймирование также положительно сказалось на озерненности бобов, особенно у сорта Корсар в 3 варианте при обработке после посева, а у сорта Крейсер – во втором варианте при обработке семян до посева. В данных вариантах среднее число семян в бобе превысило контроль на 27%. В остальных вариантах биологическая эффективность действия ЭМИ составила 4-7% (табл. 3).

Таблица 2. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на полевую всхожесть и биометрические показатели растений сортов гороха овощного в условиях Заполярья

Table 2. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on field germination and biometric parameters of vegetable pea varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Полевая всхожесть, %	Масса растения		Число продуктивных узлов		Число бобов		Число лопаток		Масса бобов		Длина боба	
			г	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	см	БЭ, %
Каира	1	51	19,9		2,5		2,1		1,2		8,8		7,7	
	2	44	25,3	27	2,9	17	2,3	8	1,6	35	10,3	17	8,2	7
	3	41	20,9	5	2,7	9	2,4	12	1,1	-5	9,5	8	8,3	8
Корсар	1	38	31,8		3,9		4,6		1,8		13,2		7,4	
	2	25	36,6	15	4,3	9	4,5	-1	2,3	30	15,3	16	7,7	4
	3	25	43,5	37	4,9	26	4,5	-3	3,8	113	16,7	27	8,2	11
Крейсер	1	81	26,0		2,6		5,4		2,0		11,3		5,1	
	2	53	31,5	21	2,1	-16	5,3	-2	0,0	-100	14,1	25	5,5	8
	3	81	27,4	5	2,3	-8	5,1	-5	1,8	-13	12,4	10	5,4	5
НСР ₀₅		8	2,9		0,4		0,5		0,4		1,0		0,3	

*Варианты: 1 – контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 – обработка в поле после посева

* БЭ – биологическая эффективность



Рис. 5. Бобы гороха овощного в технической стадии спелости, г. Нарьян-Мар
 Fig. 5. Beans of *Pisum sativum* L. in the technical stage of ripeness, Naryan-Mar

Таблица 3. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на продуктивность растений сортов гороха овощного в условиях Заполярья
 Table 3. The effect of processing by the «TOR» apparatus on the productivity of *Pisum sativum* L. in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Число семян в бобе		Продуктивность зеленого горошка		Brix	
		шт.	БЭ, %	г	БЭ, %	%	БЭ, %
Каира	1	6,3		2,8		17,2	
	2	7,2	14	2,6	-8	15,6	-9
	3	6,6	4	2,7	-4	15,5	-10
Корсар	1	4,6		3,8		17,7	
	2	4,9	7	4,0	6	17,0	-4
	3	5,8	27	4,1	7	18,0	2
Крейсер	1	4,1		3,3		17,0	
	2	5,2	27	3,8	16	16,7	-2
	3	4,4	7	3,4	3	16,1	-5
НСР ₀₅		0,3		0,2		1,4	

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
 * БЭ - биологическая эффективность

В итоге, несмотря на различную отзывчивость на ЭМИ, обработки установкой «ТОР» позволили растениям сортов Корсар и Крейсер на момент учета сформировать более высокую продуктивность зеленого горошка по сравнению с контролем, а именно на 6-16% при воздействии электромагнитного излучения на семена до посева и на 3-7% после посева. На сорте Каира продуктивность незначительно снизилась относительно контроля (на 4-8%), в основном за счет меньшего числа продуктивных узлов на опытных растениях, что скорее всего обусловлено детерминантным типом роста этого сорта.

Важно отметить, что выращенная продукция зеленого горошка испытанных сортов гороха овощного, благодаря отсутствию фитопатогенов в условиях Заполярья, имела высокие товарные качества (рис. 9). Это подтверждает показатель BRIX (более 14%), но при

этом, отрицательная разница между контролем и показателями BRIX опытных вариантов, может свидетельствовать об ускорении процесса развития растений и созревания зеленого горошка под влиянием обработок ЭМИ «ТОР», что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода данного региона.

Бобы овощные. Растения разных сортов бобов овощных также имели различную степень чувствительности к обработке ЭМИ аппаратом «ТОР» в зависимости от варианта праймирования (табл. 4). На полевую всхожесть сорта Русские черные ЭМИ праймирование оказало нейтральный или небольшой отрицательный (+2% и -9%) эффект, как и на горохе. Положительную реакцию проявили растения сорта Велена, на посевах которых получено увеличение всхожести от 3% (обработка после посева) до 6% (обработка до посева) относительно контроля. У этого сорта также отмечено уве-

Таблица 4. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на рост растений сортов бобов овощных в условиях Заполярья
 Table 4. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on the growth of *Vicia faba* L. varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Полевая всхожесть	Высота растени		Площадь листа		Длина боба		Число семян в бобе		Процент растений, завязавших бобы	
		%	см	БЭ, %	см ²	БЭ, %	см	БЭ, %	шт.	БЭ, %	%	БЭ, %
Русские черные	1	89	49,8		36		7,3		2,6		94	
	2	91	49,0	-2	34	-5	7,5	3	2,4	-7	97	3
	3	80	45,2	-9	34	-6	7,6	5	2,9	12	100	6
Велена	1	91	56,4		40		8,2		3,0		100	
	2	97	64,5	14	47	18	8,9	8	3,5	17	88	-12
	3	94	57,8	3	48	20	9,4	15	3,7	23	85	-15
НСР ₀₅		3	1,2		4		0,2		0,3			

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
 * БЭ - биологическая эффективность

личение высоты растения на 3-14% и увеличение средней площади листа на 18-20%, тогда как растения сорта Русские черные имели показатели ниже контрольных значений (табл. 4).

Иная реакция сортов на обработку электромагнитным излучением отмечена по способности растений завязывать бобы в сложившихся условиях года. Так, отмечено, что доля растений, завязавших бобы у сорта Велена был ниже на 12-15% по отношению к контролю, где каждое растение сформировало бобы. У сорта Русские черные, наоборот, отмечена положительная динамика, особенно в варианте с обработкой после посева, где доля растений, сформировавших бобы

достигала 100%. В то же время, у обоих сортов отмечена положительная тенденция влияния ЭМИ «ТОР» на признаки самих бобов, которые имели большую длину на 8-15% и формировали большее число семян в бобе на 17-23% в зависимости от варианта обработки, а при обработке ЭМИ после посева - на элементы продуктивности. Семенная продуктивность растений в данных вариантах увеличилась на 12% у сорта Русские черные и на 35% у сорта Велена. У растений сорта Велена положительное действие наблюдали также и при праймировании семян до посева (табл. 5).

Так, растения сорта Велена формировали число бобов на 22-23% и имели массу на 21-43% больше конт-

Таблица 5. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на продуктивность растений сортов бобов овощных в условиях Заполярья
 Table 5. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on the productivity of *Vicia faba* L. varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта	Число бобов		Масса бобов		Семенная продуктивность		Масса 1000 семян	
		шт./раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	г	БЭ, %
Русские черные	1	6,6		34,3		3,4		346,3	
	2	5,6	-15	31,6	-8	3,4	0	346,3	0
	3	7,4	12	42,9	25	3,8	12	347,8	0
Велена	1	5,8		41,9		4,1		372,9	
	2	7,1	22	50,7	21	4,9	19	373,3	0
	3	7,1	23	59,8	43	5,5	35	391,5	5
НСР ₀₅		1,2		3,6		0,3		10,4	

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
 *БЭ - Биологическая эффективность



Рис. 6. Бобы бобов овощных в технической стадии спелости, г. Нарьян-Мар

Fig. 6. Beans of *Vicia faba* L. in the technical stage of ripeness, Naryan-Mar



А. сорт Велена
A. cv. Velena

Б. сорт Русские черные
B. cv. Russkie Chernye

С. сорт Велена
C. cv. Velena

Д. сорт Русские черные
D. cv. Russkie Chernye

Рис. 7. Семена бобов овощных, выращенных в условиях Заполярья (А, Б) и Московской области (С, Д)

Fig. 7. Seeds of vegetable beans grown in the Arctic (A, B) and Moscow region (C, D)

роля, в зависимости от обработки. При этом отмечено увеличение посевных единиц с растения на 35-40%. У сорта Русские черные значимые положительные эффекты были получены только при обработке ЭМИ «ТОР» после посева, где влияние на элементы продуктивности выражено прибавкой на 7-25% в зависимости от признака. А обработка до посева семян этого сорта привела к нейтральному действию на выход семян с растения.

Выращенная продукция бобов овощных благодаря отсутствию фитопатогенов в условиях Заполярья имела высокие товарные качества (рис. 6).

Обработка ЭМИ «ТОР» не повлияла на массу 1000 семян бобов овощных, выращенных в условиях Заполярья. Исключение составил только вариант с обработкой посевов сорта Велена, где отмечена положительная разница в 5% относительно контро-

ля. В условиях Подмосквья 1000 семян бобов овощных сорта Велена при обработке аппаратом «ТОР» в среднем имели массу 693 г. Это в два раза выше массы 1000 семян, полученных в условиях Заполярья. Полученный семенной материал из Нарьян-Мара характеризовался отсутствием симптомов поражения семенной инфекцией, в отличие от выращенного в Московской области – п. ВНИИС-СОК (рис. 7).

Однако, интересно отметить, что эффективность обработки посевов ЭМИ «ТОР» бобов овощных сорта Велена по признаку семенная продуктивность в сложившихся в этом году неблагоприятных условиях Подмосквья (майское похолодание и летняя засуха) и напряженная фитопатологическая обстановка составила 35%.



С коллегами Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции ФИЦКИА УрО РАН, института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и АО «Концерн ГРАНИТ»

Заключение

Почвенно-климатические условия г. Нарьян-Мар в низовьях реки Печора позволяют возделывать холодостойкие культуры с коротким вегетационным периодом (середина июня – середина сентября). Испытанные сорта овощных культур селекции ФГБНУ ФНЦО в условиях короткого лета и полярного дня на фоне повышенного магнетизма смогли полностью реализовать свой продуктивный потенциал. Качество овощной продукции и полученных семян овощных бобовых культур в Заполярье в этом году оказалось выше, чем в Подмоскowie за счет более низкой фито-

патогенной нагрузки. Анализ данных свидетельствует о перспективности применения ЭМИ «ТОР» для праймирования посевов семян овощных культур и необходимости проведения целенаправленных исследований использования этой технологии. Благодаря применению аппарата «ТОР» отмечается ускорение созревания, повышается урожайность и качество продукции, что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода. Полученные результаты можно экстраполировать на другие регионы Арктики, примыкающие к Северному морскому пути.

Литература

1. Краткое историческое описание приходов и церквей Архангельской епархии. Архангельск. 1895;(2);306-307.
2. Дюжилов С.А. Полярное земледелие: постановка проблемы и ее решение в 1920-е годы на Кольском Севере. *Труды Кольского научного центра РАН*. 2016;3(37):71-78. <https://www.elibrary.ru/xcsotn>
3. Журавский А.В. Избранные работы по вопросам сельскохозяйственного освоения Печорского Севера. Сыктывкар. 2007. 107 с. ISBN 978-5-89606-342-1. <https://www.elibrary.ru/qkzqv>
4. Прянишников Д.Н. Поднятие земледелия Севера, как средство облегчить кризис продовольствия и транспорта. Изд. 2-е М., «Агркультура». 1922. 24 с
5. Вавилов Н.И. Проблема северного земледелия. Материалы Ленинградской чрезвычайной сессии Академии наук СССР. 25-30 XI 1931 г. Ленинград, издательство Академии наук. <http://www.book-ist.ru/vavilov/vavilov.html>
6. Сазонова Л.В. Деятельность ВНИИ Растениеводства имени Н.И. Вавилова по продвижению земледелия на Крайний север России. Тезисы докладов. Северное земледелие. Овощные культуры. Научный семинар в рамках 100-летия северного земледелия, посвященный 90-летию со дня рождения Л.В. Сазоновой. 2023;(1):41-44.
7. Романенко Т.М., Филиппова Г.И. Флагман сельскохозяйственной науки на территории Ненецкого округа. Глобальные проблемы Арктики и Антарктики: Сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова, Архангельск. 2020. С. 1117-1122. <https://www.elibrary.ru/mzrvs>
8. Кругликов В.М. Сортоиспытание овощных культур и картофеля. Научный отчет Нарьян-Марской зональной станции за 1940 год. Нарьян-Мар. 1940. С. 27-31.
9. Агроправила по выращиванию картофеля, овощных и кормовых культур в Ненецком национальном округе. Нарьян-Мар. 1968. 77 с.
10. Романенко Т.М., Вылко Ю.П., Лайшев К.А., Глебова Е.А., Мясникова М.Н. Эколого-фенологические особенности лета поджогового овода северных оленей на территории Ненецкого автономного округа. *Иппология и ветеринария*. 2019;3(33):130-137. <https://www.elibrary.ru/qzuzkt>
11. <https://finobzor.ru/131374-v-arktike-sozdajut-bank-zdorovyh-sortov-kartofelja-rossijskoj-selekcii.html>. Дата обращения: 22.10.2024.
12. <https://vniissok.ru/2024/06/28/ispytanie-novyh-tehnologij-i-sortov-ovoshnyh-kultur-selekcii-fgbnu-fnco-za-severnym-polyarnym-krugom>. Дата обращения 23.11.2024.
13. Kataria S., Jain M. Magnetopriming alleviates adverse effects of abiotic stresses in plants. In *Plant Tolerance to Environmental Stress*. CRC Press. 2019. P. 427-442. <https://doi.org/10.1201/9780203705315-26>
14. Waqas M., Korres N.E., Khan M.D., Nizami A.S., Deeba F., Ali I., Hussain H. Advances in the concept and methods of seed priming. Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. 2019. P. 11-41. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2
15. Argerich C.A., Bradford K.J., Tarquis A.M. The effects of priming and

- ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 1989;40(5):593-598.
<https://doi.org/10.1093/jxb/40.5.593>
16. Fabrissin I., Sano N., Seo M., North H.M. Ageing beautifully: can the benefits of seed priming be separated from a reduced lifespan trade-off?. *Journal of Experimental Botany*. 2021;72(7):2312-2333.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erab004>
17. Кутис Т.Л., Кутис С.Д. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Часть 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. 2017. 52 с.
18. Shine M.B., Guruprasad K.N., Anand A. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(6):474-484.
<https://doi.org/10.1002/bem.20656>
19. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2012;(57):67-73.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.05.008>
20. Xia X., Padula G., Kubisz L., Hołubowicz R. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on seed quality of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020;48(3),1458-1464. <https://doi.org/10.15835/nbha48311918>
21. Sari M.E., Demir I., Yildirim K.C., Memis N. Magnetopriming enhances germination and seedling growth parameters of onion and lettuce seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2023;7(3):468-475.
<https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.3.1>
22. Martinez E., Carbonell M.V., Amaya J.M. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro- and Magnetobiology*. 2000;19(3):271-277.
<https://doi.org/10.1081/JBC-100102118>
23. Martinez E., Carbonell M.V., Florez M., Amaya J.M., Maqueda R. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *Int Agrophys*. 2009;(23):45-49.
24. Dhawi F. Why are magnetic fields used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research & Review in Biology*. 2014. P. 886-896. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/5983>
25. Baghel L., Kataria S., Guruprasad K.N. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*. 2016;37(7):455-470.
<https://doi.org/10.1002/bem.21988>
26. Kadioğlu N., Ermis S., Oktem G., Demir I. Magnetopriming enhanced seed germination in six vegetable species: tomato, pepper, onion, cauliflower, cabbage and carrot. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2023;28(3):557-567.
<https://doi.org/10.37908/mkutbd.1284048>
27. Rodenko N.A., Blednykh O.V., Glushchenkov V.A., Degteva Y.V. Change in the growth parameters of soft wheat *Triticum aestivum* (L.) after pretreatment of seeds with a pulsed magnetic field. *BIO Web of Conferences*. 2024;139:01002.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202413901002>
28. Hołubowicz R., Kubisz L., Gauza M., Yilin T., Hojan-Jeziarska D. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on the germination of seeds and selected useful characters of onion (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014;42(1):168-172. <https://doi.org/10.15835/nbha4219131>
29. De Micco V., Paradiso R., Aronne G., De Pascale S., Quarto M., Arena C. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal*. 2014;(10):428141.
<https://doi.org/10.1155/2014/428141>
30. Бучаченко А.Л. Магнитно-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине. *Успехи химии*. 2014;83(1):1-12. <https://www.elibrary.ru/rrshmx>
31. Кутис С.Д., Кутис Т.Л., Гак Е.З. Электромагнитная установка для предпосевной обработки семян. *Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе*. 1989;(2):35-36.
32. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М. и др. Влияние предпосадочной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на продуктивность и качество урожая сортов картофеля. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(5):794-804.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804>
- <https://www.elibrary.ru/diaqdo>
33. Патент РФ «Способ подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением» №2766002 от 07 февраля 2022 года [Электронный ресурс]. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2766002C1_20220207.pdf. Дата обращения: 22.03.2023.
34. Методические указания по селекции и первичному семеноводству овощных бобовых культур. М.: ВНИИССОК. 1985. 60 с.
35. Белик В.Ф., Рубин В.Ф., Лукьяненко Д.Е. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М.: НИИОХ. 1979. 210 с.
36. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ рода *Pisum* L. Л., 1981. 47 с.
37. Широкий Унифицированный Классификатор СЭВ и Международный Классификатор СЭВ рода *Faba* Mill. Л. 1981. 28 с.
<https://atago-russia.com/primeneniye/opredelenie-saharistosti-fruktov>. Дата обращения: 20.10.2024.
39. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

• References

1. A brief historical description of the parishes and churches of the Archangel Diocese. *Arkhangelsk*. 1895;(2):306-307. (In Russ.)
2. Dyuzhilov S.A. Polar agriculture: recognizing of the problem and its solution in the Kola North in the 1920S. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS*. 2016;3(37):71-78. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/xcsotn>
3. Zhuravsky A.V. Selected works on the agricultural development of the Pechora North. *Syktvykar*. 2007. 107 p. ISBN 978-5-89606-342-1. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qkzqzv>
4. Pryanishnikov D.N. Raising agriculture in the North as a means to alleviate the crisis of food and transport. *Ed. 2nd M., «Agriculture»*. 1922. 24 p. (In Russ.)
5. Vavilov N.I. The problem of northern agriculture. Materials of the Leningrad Extraordinary session of the Academy of Sciences of the USSR. 25-30 XI 1931 *Leningrad, publishing house of the Academy of Sciences*. (In Russ.) <http://www.book-ist.ru/vavilov/vavilov.html>
6. Sazonova L.V. Activities of the N.I. Vavilov Institute of Plant Breeding for the extension of agriculture to the Far North of Russia. Abstracts of the reports. Northern agriculture. Vegetable crops. *A scientific seminar within the framework of the 100th anniversary of northern agriculture, dedicated to the 90th anniversary of the birth of L.V. Sazonova*. 2023;(1):41-44. (In Russ.)
7. Romanenko T.M., Filippova G.I. The flagship of agricultural science in the Nenets District. Global problems of the Arctic and Antarctic: A collection of scientific materials of the All-Russian Conference with international participation dedicated to the 90th anniversary of the birth of the Academy of Sciences. Nikolay Pavlovich Laverov, *Arkhangelsk*, 2020. P. 1117-1122. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/mzzzrvs>
8. Kruglikov V.M. Variety testing vegetable crops and potatoes. *Scientific report of the Naryan-Mar zonal station for 1940*. *Naryan-Mar*. 1940. P. 27-31. (In Russ.)
9. Is an agricultural director for the cultivation of potatoes, vegetables and forage crops in the Nenets National District. *Naryan-Mar*. 1968. 77 p. (In Russ.)
10. Romanenko T., Vylko Yu., Laishev K., Glebov E., Myasnikova M. Ecological and phenological characteristics of summer hypodermic gadfly reindeer on the territory of Nenets Autonomous Okrug. *Hippology and veterinary medicine*. 2019;3(33):130-137. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/qzuzkt>
11. <https://finobzor.ru/131374-v-arktike-sozdajut-bank-zdorovyh-sortov-kartofelja-rossijskoj-selekcii.html>. Date of access: 22.10.2024.
12. <https://vniissok.ru/2024/06/28/ispytanie-novyh-tehnologij-i-sortov-ovoshnyh-kultur-selekcii-fgbnu-fnco-za-severnym-polyarnym-krugom>. Date of access: 23.11.2024.
13. Kataria S., Jain M. Magnetopriming alleviates adverse effects of abiotic stresses in plants. In *Plant Tolerance to Environmental Stress*. CRC Press. 2019. P. 427-442. <https://doi.org/10.1201/9780203705315-26>
14. Waqas M., Korres N.E., Khan M.D., Nizami A.S., Deeba F., Ali I., Hussain H. Advances in the concept and methods of seed priming. Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. 2019. P. 11-41. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2

15. Argerich C.A., Bradford K.J., Tarquis A.M. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 1989;40(5):593-598. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.5.593>
16. Fabrissin I., Sano N., Seo M., North H.M. Ageing beautifully: can the benefits of seed priming be separated from a reduced lifespan trade-off?. *Journal of Experimental Botany*. 2021;72(7):2312-2333. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab004>
17. Kutis T.L., Kutis S.D. Electromagnetic technologies in crop production. Part 1. *Electromagnetic treatment of seeds and planting material*. 2017. 52 p. (In Russ.)
18. Shine M.B., Guruprasad K.N., Anand A. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(6):474-484. <https://doi.org/10.1002/bem.20656>
19. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2012;(57):67-73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.05.008>
20. Xia X., Padula G., Kubisz L., Hołubowicz R. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on seed quality of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020;48(3):1458-1464. <https://doi.org/10.15835/nbha48311918>
21. Sari M.E., Demir I., Yildirim K.C., Memis N. Magnetopriming enhances germination and seedling growth parameters of onion and lettuce seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2023;7(3):468-475. <https://doi.org/10.31015/ijaefs.2023.3.1>
22. Martinez E., Carbonell M.V., Amaya J.M. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro- and Magnetobiology*. 2000;19(3):271-277. <https://doi.org/10.1081/JBC-100102118>
23. Martinez E., Carbonell M.V., Florez M., Amaya J.M., Maqueda R. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *Int Agrophys*. 2009;(23):45-49.
24. Dhawi F. Why are magnetic fields used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research & Review in Biology*. 2014. P. 886-896. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/5983>
25. Baghel L., Kataria S., Guruprasad K.N. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*. 2016;37(7):455-470. <https://doi.org/10.1002/bem.21988>
26. Kadioğlu N., Ermis S., Oktem G., Demir I. Magnetopriming enhanced seed germination in six vegetable species: tomato, pepper, onion, cauliflower, cabbage and carrot. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2023;28(3):557-567. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1284048>
27. Rodenko N.A., Blednykh O.V., Glushchenkov V.A., Degteva Y.V. Change in the growth parameters of soft wheat *Triticum aestivum* (L.) after pretreatment of seeds with a pulsed magnetic field. *BIO Web of Conferences*. 2024;139:01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413901002>
28. Hołubowicz R., Kubisz L., Gauza M., Yilin T., Hojan-Jezińska D. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on the germination of seeds and selected useful characters of onion (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014;42(1):168-172. <https://doi.org/10.15835/nbha4219131>
29. De Micco V., Paradiso R., Aronne G., De Pascale S., Quarto M., Arena C. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal*. 2014;(10):428141. <https://doi.org/10.1155/2014/428141>
30. Buchachenko A.L. Magnetically dependent molecular and chemical processes in biochemistry, genetics and medicine. *Russian Chemical Reviews*. 2014;83(1):1-12. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/rrshmx>
31. Kutis S.D., Kutis T.L., Gak E.Z. Electromagnetic installation for pre-sowing seed treatment. *Mechanization and automation of technological processes in the agro-industrial complex*. 1989;(2):35-36. (In Russ.)
32. Zainullin V.G., Pozhirickaya A.N., Turlakova A.M., Partala A.V., Ovchinnikov O.V., Bondarchuk E.V., Turkanov I.F., Galkina E.A., Gryaznov V.G. The effect of pre-planting treatment with weak non-ionizing pulse fields on the productivity and quality of potato cultivars. *Agricultural science Euro-North-East*. 2024;25(5):794-804. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804> <https://www.elibrary.ru/diaqdo>
33. Russian Federation Patent «Method for suppressing the vital activity of pathogenic microorganisms and viruses using electromagnetic radiation» № 2766002 dated February 7, 2022 [Electronic resource]. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2766002C1_20220207.pdf. Date of access: 22.03.2023.
34. Guidelines for selection and primary seed production of vegetable legumes. M.: VNISSOK; ed. E.V. Mamaev. 1985. 60 p. (In Russ.)
35. Belik V.F., Rubin V.F., Lukyanenko D.E. The method of field experiment in vegetable growing and melon growing. M.: NIIOH. 1979. 210 p. (In Russ.)
36. Wide unified CMEA classifier and international CMEA classifier of cultivated species of the genus *Pisum* L. *VIR*. 1981. 47 p. (In Russ.)
37. Wide unified CMEA classifier and international CMEA classifier of cultivated species of the genus *Faba* Mill. *VIR*. 1981. 28 p. (In Russ.)
38. <https://atago-russia.com/primeneniye/opredeleniye-saharistosti-fruktoy>. Date of access: 20.10.2024.
39. Dospikhov, B.A. Field experiment technique. M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.)

Об авторах:

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, SPIN-код: 5250-2641, автор для переписки, kaigorodova-i@mail.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаб. молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-код: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Владимир Анатольевич Ушаков – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>, SPIN-код: 2133-3040; goroh@vniissok.ru

Татьяна Михайловна Романенко – кандидат биол. наук, зам. директора центра по научно-организационной работе в НАО – директор филиала, <https://orcid.org/0000-0003-0034-7453>, SPIN-код: 4471-3253, nmshos@yandex.ru

Анастасия Борисовна Филиппова – техник Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, <https://orcid.org/0000-0001-9725-3394>, SPIN-код: 3860-2174, nastfilipp83@yandex.ru

Михаил Сергеевич Анисимов – магистр технической физики, научный специалист АО «Концерн ГРАНИТ», SPIN-код: 1076-0282, efrit.has21@gmail.com

Екатерина Анатольевна Галкина – начальник лаборатории электробиологических и химических исследований АО «Концерн ГРАНИТ», <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>, SPIN-код: 4693-8189, galkina.e@granit-concern.ru

Ирина Викторовна Кузьмина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фармакологии кровообращения, <https://orcid.org/0000-0001-6399-6886>, SPIN-код: 5257-9460, Irina.kislova1606198@yandex.ru

About the Authors:

Irina M. Kaigorodova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, SPIN-code: 5250-2641, Correspondence Author, kaigorodova-i@mail.ru

Elena G. Kozar – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-code: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Vladimir A. Ushakov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>, SPIN-code: 2133-3040; goroh@vniissok.ru

Tatyana M. Romanenko – Cand. Sci. (Biology), Deputy Director of the Center for Research Management in the NAO – Branch Director, <https://orcid.org/0000-0003-0034-7453>, SPIN-code: 4471-3253, nmshos@yandex.ru

Anastasiya B. Filippova – technician of the A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-9725-3394>, SPIN code: 3860-2174, nastfilipp83@yandex.ru

Mikhail S. Anisimov – Master of Technical Physics, Research Specialist at JSC Concern GRANIT, SPIN code: 1076-0282, efrit.has21@gmail.com

Ekaterina A. Galkina – Head of the Laboratory of Electrobiological and Chemical Research of JSC Concern GRANIT, <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>, SPIN-код: 4693-8189, galkina.e@granit-concern.ru

Irina V. Kuzmina – Cand. Sci. (Biology), Senior Scientific Associate, Laboratory of Circulatory Pharmacology; <https://orcid.org/0000-0001-6399-6886>, SPIN code: 5257-9460; Irina.kislova1606198@yandex.ru

Review

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-82-87>

УДК: 630*182.2(048)(63)

Kasu Hailu Biru^{1*},
Urge Cheru²

¹ Ethiopian Forestry Development Hawassa center, Plantation Research program
Addis Ababa, Ethiopia

² Ethiopian Forestry Development Jimma Center
Addis Ababa, Ethiopia

*Corresponding Author: kasuhailu128@gmail.com

Author's Contribution: Kasu Hailu Biru: conceptualization, writing – review & editing the manuscript, has significantly contributed to the development and writing of this review. Urge Cheru: formal analysis, writing the manuscript.

Funding. This review did not receive any specific grant from funding agencies in public, commercial or not for profit sector.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Biru K.H., Cheru U. Management and Ecological Services of Multipurpose Agroforestry Tree Species in Ethiopia. Review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):82-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-82-87>

Received: 07.10.2024

Accepted for publication: 14.11.2024

Published: 28.12.2024

Хайлу Биру^{1*}, Урге Черу²

¹ Эфиопский центр развития лесного хозяйства Хавасса, программа исследований плантаций
Аддис-Абеба, Эфиопия

² Эфиопский центр развития лесного хозяйства Джимма
Аддис-Абеба, Эфиопия

*Автор для переписки: kasuhailu128@gmail.com

Вклад автора: Биру К.Х.: концептуализация, создание черновика рукописи и ее редактирование, значительный вклад в разработку и написание этого обзора. Урге Черу: формальный анализ, создание рукописи.

Финансирование. Этот обзор не получал никаких конкретных грантов от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Biru K.H., Cheru U. Management and Ecological Services of Multipurpose Agroforestry Tree Species in Ethiopia. Review. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):82-87. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-82-87>

Поступила в редакцию: 07.10.2024

Принята к печати: 14.11.2024

Опубликована: 28.12.2024

Management and Ecological Services of Multipurpose Agroforestry Tree Species in Ethiopia. Review

Check for updates



ABSTRACT

Relevance. Ethiopians have a long history of planting trees, and they have embraced the idea of keeping natural trees with many uses as a distinctive feature of their agricultural landscapes. Farmers use agroforestry practices to maintain a number of species of multipurpose trees. The selection of tree species, their intended benefits, and ecological services are inconsistent due to variability in agro-ecological conditions. The main problems with Ethiopia's multifunctional agroforestry tree species were also related to management approaches.

Therefore, the purpose of this article is to examine the multipurpose agroforestry tree species in Ethiopia, their management methods, and their ecological benefits. In southern Ethiopia, *Cordia africana*, *Milletia ferruginea*, *Erythrina brucei*, and *Olea capensis* are the main multifunctional tree species used. The northern part of Ethiopia hosts *Croton macrostachus*, *Vernonia amygdalina*, *Faidherbia albida*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, and *Grewia bicolor*. The central highlands of Ethiopia are also home to *Albizia gummifera*, *Cordia africana*, *Croton macrostachus*, *Ficus vasta*, and *Vernonia amygdalina*. Farmers use coppicing, pollarding, and pruning tree management techniques to balance their survival with integrated crops because trees regenerate naturally. Multipurpose trees offer a range of agro-ecological services, such as improving soil fertility, mitigating erosion, mitigating the impacts of climate change, and maintaining biological diversity.

KEYWORDS:

Agroecology, Agroforestry, Ecological service, Management, Multipurpose, Species

Управление и экологические преимущества использования многоцелевых агролесомелиоративных пород деревьев в Эфиопии. Обзор

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Эфиопы имеют долгую историю возделывания деревьев, и они приняли идею сохранения естественных пород деревьев с многоцелевым использованием как отличительную черту своих сельскохозяйственных ландшафтов. Фермеры используют методы агролесоводства для поддержания ряда видов многоцелевых деревьев. Выбор видов деревьев, их предполагаемые экологические преимущества непостоянны из-за изменчивости агроэкологических условий. Основные проблемы использования многофункциональных пород деревьев в агролесоводстве Эфиопии также связаны с подходами к управлению. Поэтому цель этой статьи – изучить многоцелевые виды деревьев для агролесоводства в Эфиопии, методы их управления и их экологические преимущества.

Результаты. На юге Эфиопии основными многофункциональными видами деревьев, используемыми в Эфиопии, являются *Cordia africana*, *Milletia ferruginea*, *Erythrina brucei* и *Olea capensis*. В северной части Эфиопии произрастают *Croton macrostachus*, *Vernonia amygdalina*, *Faidherbia albida*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal* и *Grewia bicolor*. В Центральных нагорьях Эфиопии также выращивают *Albizia gummifera*, *Cordia africana*, *Croton macrostachus*, *Ficus vasta* и *Vernonia amygdalina*. Фермеры используют различные методы выращивания и обрезки деревьев, чтобы сбалансировать выживание интегрированных культур, поскольку деревья восстанавливаются естественным образом. Использование многоцелевых деревьев дает ряд агроэкологических преимуществ, таких как повышение плодородия почвы, смягчение эрозии, смягчение последствий изменения климата и поддержание биологического разнообразия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

агроэкология, агролесоводство, экологическая служба, управление, многоцелевые виды деревьев

Introduction

Agroforestry practices are widespread among small-scale farmers in southwest Ethiopia. Because of the close relationship between the many crops, trees, and animals that offer a range of ecological and economic advantages, agroforestry is thought to improve agricultural sustainability [1]. Due to its economic, social and environmental benefits [2]; agroforestry is widely promoted throughout the world and is an instrument for diversifying and enhancing production [3]. Farmers can also combat crop failure brought on by climate change and soil degradation by planting trees alongside annual crops [4, 5]. Depending on socioeconomic and biophysical circumstances, smallholder farmers in Ethiopia employ a variety of agroforestry techniques [6-8]. Asfaw and Egren [9], state that they include sporadic trees on farms, woodlots, home gardens, silvopastures, and coffee shade trees. The most significant and conventional method of using trees in agroforestry to ensure their continuous production of a variety of goods on croplands is probably intentional management of naturally renewing trees [10]. Agroforestry trees need to develop quickly under human control, propelled by farmers or the market, in order to be planted in larger areas. One may argue that farmers' intentional planting, removal, or selection of trees is the first step toward domesticating the species [11]. In agricultural fields, farmers frequently control the natural regrowth of trees by providing protection for seedlings and young trees, mostly native species that have sprung from soil seed banks. Agricultural landscapes in Ethiopia's sub-humid zones are dominated by multipurpose trees, which are managed by farmers on a large scale [12].

Due to their environmental adaptability and status as essential components of the ecosystem, multifunctional tree species are typically preferred by Ethiopian farmers [13, 14]. Additionally, because to their ability to lessen wind and water erosion, they provide the most important resource basis for smallholder production systems. By fixing nitrogen and adding and breaking down nutrient-rich litter, trees help increase the fertility of the soil [15, 16]. Furthermore, according to several studies [16-19], they are essential for maintaining biodiversity, sequestering carbon, and enhancing microclimates for cash crops like coffee. Despite all of these advantages, many local communities are seeing a sharp decline in the amount of native trees used in agriculture [19-21]. This is because Ethiopian policymakers lack sufficient expertise, and scientists have not paid enough attention to the requirements of farmers. Additionally, there is a propensity to encourage alien tree species for various purposes [22]. This review looks at pertinent management practices and highlights the function of multifunctional agroforestry tree species prevalent across Ethiopia. It also investigates their Ecological services.

Methodology

This study processed by the review of the last [19] years types of the research published in the field of multipurpose agroforestry tree species were analyzed and read carefully by the author's collected helpful informa-

tion about the importance of multipurpose purpose agroforestry tree species on ecological services in Ethiopia. These studies added significantly to our understanding of the ecological services provided by multipurpose agroforestry tree species in Ethiopia as well as their management approach. To verify the validity of the study, a list of all the papers was included in the reference section. This review paper had been effective impact where managing multipurpose tree species that preferred was adopted by the communities, and also increased the awareness of the significance of the managing techniques. The favorable effects, significance, advantages, and roles of multipurpose agroforestry tree species management on ecological services in Ethiopia are outlined in this review paper.

Results and Discussions

According to Wood and Burley [23], multipurpose trees are any woody perennials that are intentionally planted to contribute significantly to several production and/or service roles within a land-use system. These trees are deliberately maintained for multiple outputs, and their classification is based on their functional role in the agroforestry technique that is being examined.

Because multipurpose trees meet at least one conventional or cultural human need such as providing a live fence or windbreak or may be used in an alley cropping system to restore soil fertility or provide fodder, they have a larger positive influence on farmers' well-being than invasive species. They usually fulfill one or more secondary functions, such as producing fuel, construction materials, and food (fruits, nuts, and leaves) for the family, as well as saving soil and water [14, 24, 25].

The main species of multipurpose trees used in agroforestry in Ethiopia

Enhancing soil fertility to increase the yield of food and tree crops on the same farm land is a typical motivation for agroforestry practices [26]. Ethiopian agricultural landscapes are dominated by farmers' management of multifunctional trees like *Cordia africana*, *Millettia ferruginea*, *Albizia gummifera*, *Croton macrostachyus*, and *Erythrina brucei* [12, 27-30]; *Annona senegalensis*, *Cordia africana*, *Ekebergia capensis*, *Olea capensis*, *Erythrina brucei*, *Millettia ferruginea*, *Citrus medica*, and *Annona senegalensis* are among the other important species in the southern part of the nation (Table 1).

Many multifunctional tree species, including *Croton macrostachus*, *Cordia africana*, *Vernonia amygdalina*, and *Erythrina abyssinica*, can be found in the west Hararge zone in eastern Ethiopia [31]. The most common woody species for planting and retention in household gardens in southwest Ethiopia are *Millettia ferruginea* and *Cordia africana* [13]. Conversely, in Tigray's agroforestry systems where the native fruit tree *Cordia africana* is found *Faidherbia albida* (*Acacia albida*), *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, and *Grewia bicolor* are important fodder trees [11]. In Ethiopia, smallholder coffee plantations also cultivate *Vernonia amygdalina*, *Croton macrostachyus*, *Albizia gummifera*, and *Cordia africana* as shade trees [15].

Table 1. Important species of multipurpose agroforestry trees in Ethiopia

Major trees species	Area in Ethiopia	Sources
<i>Annona senegalensis</i> , <i>Citrus medica</i> , <i>Cordia africana</i> , <i>Ekebergia capensis</i> , <i>Erythrina brucei</i> , <i>Millettia ferruginea</i> , <i>Prunus africana</i> , <i>Ficus vasta</i> , <i>Syzygium guineense</i> , <i>Vernonia schimperi</i> , <i>Moringa stenopetala</i> and <i>Olea capensis</i>	Southern part of Ethiopia	Asfaw and Agren [9]; Negash [28]; Agize, Demissew [35]; Gina, Nigatu [29]; Gebretsadik [36]; Anshiso, Woldeamanuel [30]; Adane, Legesse [27]
<i>Cordia africana</i> , <i>Croton macrostachyus</i> , <i>Erythrina abyssinica</i> and <i>Vernonia amygdalina</i>	Eastern part of Ethiopia	Gindaba, Rozanov [37]; Mamo and Asfaw [31]
<i>Acacia abyssinica</i> , <i>Albizia gummifera</i> , <i>Albizia schimperiana</i> , <i>Cordia africana</i> , <i>Croton macrostachyus</i> , <i>Erythrina abyssinica</i> , <i>Ficus thonningii</i> , <i>Ficus vasta</i> , <i>Schefflera abyssinica</i> , <i>Sesbania sesban</i> and <i>Millettia ferruginea</i>	South-western part of Ethiopia	Yakob, Asfaw [13];Ango, Börjesson [38]; Nigussie, Taye [39]; Hundera, Honnay [40]; Edo, Gebremedihn [41]; Gemechu, Lemessa [19]
<i>Acacia nilotica</i> , <i>Acacia seyal</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Capparis tomentosa</i> , <i>Carissa edulis</i> , <i>Citrus medica</i> , <i>Cordia africana</i> , <i>Faidherbia albida</i> (<i>Acacia albida</i>), <i>Ficus sycomorus</i> , <i>Grewia bicolor</i> , <i>Oxytenanthera abyssinica</i> , <i>Dalbergia melanoxylon</i> and <i>Moringa stenopetala</i>	Northern parts of Ethiopia	Guyassa, Raj [11]; Gebrewahid, Teka [42] Eyasu, Tolera [43]
<i>Acacia abyssinica</i> , <i>Albizia gummifera</i> , <i>Cordia africana</i> , <i>Croton macrostachyus</i> , <i>Erythrina brucei</i> , <i>Faidherbia albida</i> (<i>Acacia albida</i>), <i>Ficus vasta</i> , <i>Rhamnus prinoides</i> and <i>Vernonia amygdalina</i>	Central highlands of Ethiopia	Yadessa, Itanna [12]; Duguma and Hager [44]; Likassa and Gure [15]; Negese and Motuma [45];
<i>Acacia tortilis</i> , <i>Acacia mellifera</i> , <i>Celtis africana</i> , <i>Grewia bicolor</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Dichrostachys cinerea</i> and <i>Balanites aegyptiaca</i>	Mid Rift Valley of Ethiopia	Shenkute, Hassen [46]
<i>Acacia abyssinica</i> , <i>Albizia gummifera</i> , <i>Cordia africana</i> , <i>Croton macrostachyus</i> and <i>Erythrina abyssinica</i>	North-western parts of Ethiopia	Linger [4]

Acacia abyssinica, *Albizia schimperiana*, *Citrus medica*, *Celtis africana*, *Erythrina brucei*, *Ficus vasta*, *Millettia ferruginea*, *Schefflera abyssinica*, *Vernonia schimperi*, and *Oxytenanthera abyssinica* are not included among the tree species listed in Table 1 out of the 670 species registered in the ICRAF Agroforestry Database (http://apps.worldagroforestry.org/treedb/index.php?keyword%2Bboundary_barrier_support). Just the following are considered to be among the "top 100" tree species that are most important to plant in tropical and subtropical areas: *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Acacia tortilis*, *Olea europaea*, and *Faidherbia albida* [32]. The two species whose conservation has been given the highest priority are *Faidherbia albida* and *Olea europaea* [33]. Trees such as *Cordia africana*, *Acacia nilotica*, and *Albizia gummifera* are recognized as commercial wood species in the worldwide timber trade [34].

Planting trees for a variety of uses in agroforestry systems

Natural regeneration of seedlings and cuttings is utilized by farmers as a planting material for tree species. These may be cultivated in seedbeds or in prepared locations, and they can be obtained for a low cost from both gardens and natural forests [13]. As an alternative, farmers can immediately transplant, mark, and save desirable spontaneously regenerated seedlings [28, 39]. In agriculture fields, replacing old trees with seedlings from spontaneous regeneration is a typical practice [31, 39].

Farmers take into account the number of open canopy gaps in their properties when choosing which tree species to grow or keep [28]. Seedlings from government nurseries are another source of planting material [39]. There are several benefits to preserving the current natural regeneration as opposed to growing seedlings in nurseries and then transplanting them, including lower labor and expense [31].

Techniques for managing multipurpose agroforestry tree species

Ethiopian farmers generally use traditional agroforestry management practices such as coppicing, thinning, pruning, pollarding, or coppicing to ensure compatibility with various crops and to maximize and harmonize survival with animals and crops [13, 16, 31, 39]. Such management practices in agricultural fields are important for improving soil fertility through mulching, using animal feed as fodder, reducing shade over integrated crops, and facilitating air circulation in stands for fuel wood, timber, and construction wood. These methods are also used for gathering wood for markets, fuel, building houses, and fencing [13]. In order to improve tree-crop interaction, pruning is particularly crucial when controlling overly large tree crowns or when cutting branches from the lower portion of the crown [31, 39].

In order to regulate the amount of shade that coffee and Enset get, pollarding entails pruning branches off of the top of the tree. It is thought that pollarded *Cordia africana* trees produce more durable timber and wood products, so farmers in Sidama and Gedio, in southern Ethiopia, frequently pollard their trees to encourage the formation of shoots useful as construction poles and/or timber [16, 28]. Coppicing is another ancient tree-management technique that encourages new growth from the roots or stumps of downed trees. Coppice shoots can be used for handles for tools, fences, and fuel. After harvesting, fewer trees need to be planted again because of this [16, 31].

Eliminating undesired shoots that are too small for the intended size or economic worth is known as thinning. The chopped shoots can be sold or used as firewood or construction material [16]. When tree crowns begin to overshadow crops underneath the tree canopy in southern Ethiopia's Gedio agroforestry system, thinning management methods are implemented [28].

Ecological services of multipurpose agroforestry trees

Agroforestry, both conventional and contemporary, is acknowledged as a land-use option where trees offer the local community environmental products and services. Trees shade and mulch the integrated enset coffee systems to prevent soil erosion, manage soil temperature and moisture, enhance soil nutrition, support biodiversity, and generally create ideal conditions for crop growth [9]. Native multifunctional trees contribute to land improvement, erosion control, and environmental air or atmosphere balance by supporting and increasing the agro-ecological processes of managing soil fertility [47]. Farmers therefore believe that these species were essential to the supply of ecosystem services, such as the preservation of soil and water [48], as well as addressing a wide range of global challenges. Together, they are essential for preserving biodiversity, reducing the effects of climate change, and boosting ecosystem resilience [49].

Conservation of biological diversity

Trees planted on different farmlands nearby combine to form a better forested area in traditional Ethiopian agroforestry systems, which enhances environmental protection and is essential to the preservation and conservation of regional woody species [18]. Home gardens with a preponderance of trees and a wide variety of other plants in several layers are appealing to animals and provide a vital haven for them, claim Kabir and Webb [50]. As a result, they protect biological variety, including that of flora and wildlife, and safeguard plant genetic resources [19, 51]. Home gardens are a large-scale land-use system that might potentially conserve biodiversity and ease strain on natural forests since they are a common kind of agroforestry [50, 52].

Mitigation of climate change

Given that agroforestry systems store more atmospheric carbon in soil and plant components than traditional monocropping farming systems do [53], and since they include perennial trees, they may be particularly effective in reducing the effects of climate change [14]. Because of their above- and below-ground biomass, a range of multifunctional trees that are planted and maintained on farmers' agricultural land have an impact on carbon sequestration [17, 54]. National and international carbon budgets, it also makes a significant contribution to the carbon pool [54]. Multipurpose trees in agroforestry systems also make a major contribution by serving as methane sinks at the interface between the soil and the decomposing leaves [29]. In Ethiopia's south-east rift valley escarpment, trees accounted for 39–93% of the total biomass carbon stock sequestered by indigenous agroforestry systems, which averaged 67 Mg ha⁻¹ (Negash & Starr, 2015). [55]. Home gardens and nearby coffee-based agroforestry systems can be used in other mixed cropping systems on cropland, pastureland, or rangeland to address the threats of climate change while also improving microclimatic conditions [56]. According to Betemariam, Negash [57], in agricultural landscapes, these systems improve carbon sinks and lower emissions.

Conserving and improving soil fertility

Agroforestry trees are well-known for their ability to restore the fertility of degraded land and increase crop

yields in conventional agroforestry systems. Typically, trees develop into fertile islands or areas where the soil's quality varies. The development of symbiotic relationships with certain soil bacteria, rhizobia, and arbuscular mycorrhizal fungi is partially to blame for this [9]. These advantages are connected to in-situ processes like nitrogen cycling, root activity, and litter fall [12]. Management of soil fertility also involves mulching with tree leaves and short shoots from plants like *Cordia africana* and *Ficus Sur* [15].

Multipurpose tree species such as *Cordia africana*, *Millettia ferruginea*, and *Croton macrostachyus* [16, 31, 37, 58] have been demonstrated to improve soil fertility in traditional agroforestry systems in Ethiopia [56]. The best trees for increasing soil fertility in north-central and southern Ethiopia have been shown to be *Cordia africana* and *Millettia ferruginea*, though smallholder farmers also highly value *Oxytenanthera abyssinica* and *Dalbergia melanoxylon* trees [42, 58, 59].

Serving for coffee shade

Due to Ethiopia's significant coffee output, trees that are often used to provide shade for coffee are frequently planted, maintained, and incorporated into agricultural systems for their socioeconomic benefits in addition to their ability to give shade [39, 40]. The morphological characteristics of preferred "shade" species include spreading, whorled crowns that control sunlight interception for a wholesome coffee growth and add leaf litter for speedy decomposition [60]. *Acacia abyssinica*, *Albizia gummifera*, *Millettia ferruginia*, *Croton macrostachyus*, and *Sesbania sesban* are some of the species that are considered to provide "shade" [19]. But you can also find *Cordia africana* and *Ficus sur* growing in home gardens, where they shade crops growing beneath them [12, 61]. Certain species, like *Cordia africana*, *Millettia ferruginea*, and *Erythrina abyssinica*, shield coffee from heavy rain. [39]. *Acacia abyssinica* is considered to be the most favorable tree species for coffee shade in south-western Ethiopia [24] with *Ficus vasta* appreciated for its' large canopy [48].

Conclusion

Ethiopian agroforestry practices make extensive use of multifunctional agroforestry tree species, which not only provide smallholder farmers with profitable crops but also fulfill important ecological roles. The most important multifunctional tree species in Ethiopia are *Cordia africana*, *Millettia ferruginea*, *Ficus vasta*, *Albizia gummifera*, *Croton macrostachyus*, *Faidherbia albida*, *Vernonia amygdalina*, *Acacia nilotica*, and *Erythrina brucei*. Farmer's mark and transplant attractive seedlings into desired open places on the farmlands in order to protect naturally regenerating seedlings, therefore introducing these tree species. Many agroforestry practices, including coppicing, pruning, pollarding, thinning, and lopping, are employed once the trees have reached maturity to ensure that they are compatible with a range of crops. Multipurpose trees also play major ecological roles through improving soil fertility, controlling erosion, mitigating climate change and conserving biological diversity.

• References / Литература

1. Shapiro A., Frank M. Agroforestry 101: an introduction to integrated agricultural land management systems. *Dovetail Partners*. 2016:1-14.
2. Gebre A.B. Potential effects of agroforestry practices on climate change mitigation and adaptation strategies: a review. *J Nat Sci Res*. 2016;6(15):83-89.
3. Mbow C., Smith P., Skole D., Duguma L., Bustamante M. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current opinion in Environmental sustainability*. 2014;(6):8-14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002>
4. Linger E. Agro-ecosystem and socio-economic role of home-garden agroforestry in Jabithenan District, North-Western Ethiopia: implication for climate change adaptation. *SpringerPlus*. 2014;3(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-154>
5. Leakey R.R. A re-boot of tropical agriculture benefits food production, rural economies, health, social justice and the environment. *Nature Food*. 2020;1(5):260-265. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0076-z>
6. Jamala G., Shehu H., Yidau J., Joel L. Factors influencing adoption of agroforestry among smallholder farmers in Toungo, Southeastern, Adamawa State, Nigeria. *IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol*. 2013;6(6):66-72.
7. Abiyu A., Teketay D., Gratzner G., Shete M. Tree planting by smallholder farmers in the upper catchment of Lake Tana Watershed, Northwest Ethiopia. *Small-scale forestry*. 2016;15(2):199-212. <https://doi.org/10.1007/s11842-015-9317-7>
8. Iiyama M., Derero A., Kelemu K., Muthuri C., Kinuthia R., Ayenkulu E., et al. Understanding patterns of tree adoption on farms in semi-arid and sub-humid Ethiopia. *Agroforestry systems*. 2017; (91):271-293. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-016-9926-y>
9. Asfaw Z., Ågren G.I. Farmers' local knowledge and topsoil properties of agroforestry practices in Sidama, Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 2007;(71):35-48. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9087-0>
10. Abebe T., Wiersum K., Bongers F. Spatial and temporal variation in crop diversity in agroforestry homegardens of southern Ethiopia. *Agroforestry systems*. 2010;(78):309-322. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9246-6>
11. Guyassa E., Raj A.J., Gidey K., Tadesse A. Domestication of indigenous fruit and fodder trees/shrubs in dryland agroforestry and its implication on food security. *International Journal of Ecosystem*. 2014;4(2):83-88. <https://doi.org/10.5923/j.ije.20140402.06>
12. Yadessa A., Itanna F., Olsson M. Scattered trees as modifiers of agricultural landscapes: the role of waddeessa (*Cordia africana* Lam.) trees in Bako area, Oromia, Ethiopia. *African journal of ecology*. 2009;47(s1):78-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2008.01053.x>
13. Yakob G., Asfaw Z., Zewdie S. Wood production and management of woody species in homegardens agroforestry: the case of smallholder farmers in Gimbo district, south west Ethiopia. *International Journal of Natural Sciences Research*. 2014;2(10):165-175.
14. Negash M., Yirdaw E., Luukkanen O. Potential of indigenous multistrata agroforests for maintaining native floristic diversity in the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia. *Agroforestry systems*. 2012;85(1):9-28. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9408-1>
15. Likassa E., Gure A. Diversity of shade tree species in smallholder coffee farms of western Oromia, Ethiopia. *International Journal of Agroforestry and Silviculture*. 2017;5(4):294-304.
16. Lameso L., Bekele W. Farmers local knowledge on Niche selection, management strategies and uses of *Cordia africana* tree in agroforestry practices of Sidama zone, southern Ethiopia. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2020;8(6):258-64.
17. Gebrewahid Y., Gebre-Egziabhier T.-B., Teka K., Birhane E. Carbon stock potential of scattered trees on farmland along an altitudinal gradient in Tigray, Northern Ethiopia. *Ecological processes*. 2018;(7):1-8. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0152-6>
18. Gebrewahid Y., Abrehe S. Biodiversity conservation through indigenous agricultural practices: Woody species composition, density and diversity along an altitudinal gradient of Northern Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*. 2019;5(1):1700744. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1700744>
19. Gemechu H.W., Lemessa D., Jiru D.B. A comparative analysis of indigenous and exotic tree species management practices in agricultural landscapes of Southwest Ethiopia. *Trees, Forests and People*. 2021;4:100059.
20. Bongers G. Dynamics in People-Tree Interactions in Farm Fields; Farmers' Perspectives in Meskan District, Ethiopia. Wageningen: Wageningen University. 2010.
21. Endale Y., Derero A., Argaw M., Muthuri C. Farmland tree species diversity and spatial distribution pattern in semi-arid East Shewa, Ethiopia. *Forests, trees and LiveLihoods*. 2017;26(3):199-214. <https://doi.org/10.1080/14728028.2016.1266971>
22. Molla A., Kewessa G. Woody species diversity in traditional agroforestry practices of Dellomenna District, Southeastern Ethiopia: implication for maintaining native woody species. *International Journal of Biodiversity*. 2015;2015(iii):1-13. <https://doi.org/10.1155/2015/643031>
23. Wood P.J., Burley J. A tree for all reasons: introduction and evaluation of multipurpose trees for agroforestry. 1991.
24. Muleta D., Assefa F., Nemomissa S., Granhall U. Socioeconomic benefits of shade trees in coffee production systems in Bonga and Yayuhurumu districts, southwestern Ethiopia: farmers' perceptions. *Ethiopian Journal of Education and Sciences*. 2011;7(1):39-55.
25. Darcha G., Birhane E., Abadi N. Woody species diversity in *Oxytenanthera abyssinica* based homestead agroforestry systems of serako, northern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*. 2015;5(9):18-27.
26. Lodoen D. Paths to prosperity through agroforestry: ICRAF's corporate strategy 2001-20102000.
27. Adane F., Legesse A., Weldeamanuel T., Belay T. The contribution of a fruit tree-based agroforestry system for household income to smallholder farmers in Dale District, Sidama Zone, Southern Ethiopia. *Adv Plants Agric Res*. 2019;9(1):78-84.
28. Negash M. Trees management and livelihoods in Gedeo's agroforests, Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*. 2007;17(2):157-68. <https://doi.org/10.1080/14728028.2007.9752591>
29. Gina T.G., Nigatu L., Animut G. Biodiversity of indigenous multipurpose fodder trees of wolayta zone, southern Ethiopia: ecological and socio-economic importance. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2014;4(5):494-503.
30. Anshiso A., Woldeamanuel T., Asfaw Z. Financial analysis of fruit tree based agroforestry practice in Hadero Tunto Zuria Woreda, Kembata Tembaro Zone, South Ethiopia. *Research Journal of Finance and Accounting*. 2017;8(3):72-80.
31. Mamo D., Asfaw Z. Assessment of farmers' management activities on scattered trees on crop fields at Gemechis district, West Hararge Zone, Oromia, Ethiopia. *International Journal of Agriculture*. 2017;2(1):41-57.

32. Kindt R., Dawson I.K., Lillesø J.-P.B., Muchugi A., Pedercini F., Roshetko J., et al. The one hundred tree species prioritized for planting in the tropics and subtropics as indicated by database mining. *World Agroforestry*. 2021.
33. Khoury C.K., Amariles D., Soto J.S., Diaz M.V., Sotelo S., Sosa C.C., et al. Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*. 2019;(98):420-429.
34. Mark J., Newton A., Oldfield S., Rivers M. A Working List of Commercial Timber Tree Species. 2014.
35. Agize M., Demissew S., Asfaw Z. Indigenous knowledge on management of home gardens and plants in Loma and Gena Bosa districts (weredas) of Dawro Zone, Southern Ethiopia: plant biodiversity conservation, sustainable utilization and environmental protection. *Int J Sci: Basic Appl Res (IJSBAR)*. 2013;(10):63-99.
36. Gebretsadik T. Assessment of major Honey bee flora resources on selected districts of Sidama and Gedeo zones of South nations nationalities and peoples regional state, Ethiopia. *Journal of agricultural economics, extension and rural development*. 2016;4(2):368-78.
37. Gindaba J., Rozanov A., Negash L. Trees on farms and their contribution to soil fertility parameters in Badessa, eastern Ethiopia. *Biology and fertility of soils*. 2005;42:66-71. <https://doi.org/10.1007/s00374-005-0859-2>
38. Ango T.G., Börjeson L., Senbeta F., Hylander K. Balancing ecosystem services and disservices: smallholder farmers' use and management of forest and trees in an agricultural landscape in southwestern Ethiopia. *Ecology and Society*. 2014;19(1):30. <https://doi.org/10.5751/ES-06279-190130>
39. Nigussie A., Taye E., Bukero G. Survey on potentials and constraints of shade tree species for arabica coffee production in South Ethiopia. *International Journal of Recent Research in Life Sciences*. 2014;1(1):1-11.
40. Hundera K, Honnay O, Aerts R, Muys B. The potential of small exclosures in assisting regeneration of coffee shade trees in South-Western Ethiopian coffee forests. *African Journal of Ecology*. 2015;53(4):389-397. <https://doi.org/10.1111/aje.12203>
41. Edo G.Y., Gebremedih K.G., Woldesenbet A.F., Guta K.K. Growth Performance of Some Multipurpose Tree Species Around the Homesteads in Gimbo District, Southwestern Ethiopia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*. 2017;6(1):1. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20170601.11>
42. Gebrewahid Y., Teka K., Gebre-Egziabhier T.-B., Tewelde-Berhan S., Birhane E., Eyasu G., et al. Dispersed trees on smallholder farms enhance soil fertility in semi-arid Ethiopia. *Ecological Processes*. 2019;8(1):1-8. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0190-8>
43. Eyasu G., Tolera M., Negash M. Woody species composition, structure, and diversity of homegarden agroforestry systems in southern Tigray, Northern Ethiopia. *Heliyon*. 2020;6(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05500>
44. Duguma L.A., Hager H. Forest products scarcity perception and response by tree planting in the rural landscapes: farmers' views in central highlands of Ethiopia. *Ekológia (Bratislava)*. 2009;28(2):158-169. https://doi.org/10.4149/ekol_2009_02_158
45. Negese K., Motuma T. Woody plant species diversity and management practices in homegardens of Heban Arsi Woreda, south central, Ethiopia. *EC Agric*. 2021;(7):3-17.
46. Shenkute B., Hassen A., Assafa T., Amen N., Ebro A., editors. Identification and nutritive value of potential fodder trees and shrubs in the mid Rift Valley of Ethiopia 2012: Pakistan Agricultural Scientist's Forum.
47. Mekoya A., Oosting S.J., Fernandez-Rivera S., Van der Zijpp A. Multipurpose fodder trees in the Ethiopian highlands: Farmers' preference and relationship of indigenous knowledge of feed value with laboratory indicators. *Agricultural Systems*. 2008;96(1-3):184-94.
48. Amare D., Wondie M., Mekuria W., Darr D. Agroforestry of smallholder farmers in Ethiopia: practices and benefits. *Small-scale Forestry*. 2019;18:39-56. <https://doi.org/10.1007/s11842-018-9405-6>
49. Rosenstock T.S., Dawson I.K., Aynekulu E., Chomba S., Degrande A., Fornace K., et al. A planetary health perspective on agroforestry in Sub-Saharan Africa. *One Earth*. 2019;1(3):330-244. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.017>
50. Kabir M.E., Webb E.L. Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh? *Biotropica*. 2008;40(1):95-103. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00346.x>
51. Mulia R., Simelton E., Le T., Pham T., Do T. Native and endangered timber tree species in home gardens of northeast and North Central Vietnam. *Biodivers Int J*. 2018;2:40-43. <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00041>
52. Legesse A., Negash M. Species diversity, composition, structure and management in agroforestry systems: the case of Kachabira district, Southern Ethiopia. *Heliyon*. 2021;7(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06477>
53. Mulhollem J. Agroforestry Systems May Play Vital Role in Mitigating Climate Change. *Penn State News*, February 1. 2018.
54. Zomer R.J., Neufeldt H., Xu J., Ahrends A., Bossio D., Trabucco A., et al. Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Scientific reports*. 2016;6(1):29987. <https://doi.org/10.1038/srep29987>
55. Negash M., Starr M. Biomass and soil carbon stocks of indigenous agroforestry systems on the south-eastern Rift Valley escarpment, Ethiopia. *Plant and soil*. 2015;393:95-107.
56. Teketay D., Tegineh A. Shade trees of coffee in Harerge, Eastern Ethiopia. *International Tree Crops Journal*. 1991;7(1-2):17-27.
57. Betemariyam M., Negash M., Worku A. Comparative analysis of carbon stocks in home garden and adjacent coffee based agroforestry systems in Ethiopia. *Small-Scale Forestry*. 2020;19:319-334. <https://doi.org/10.1007/s11842-020-09439-4>
58. Hailu T., Negash L., Olsson M. *Milletia ferruginea* from southern Ethiopia: Impacts on soil fertility and growth of maize. *Agroforestry Systems*. 2000;48:9-24. <https://doi.org/10.1023/A:1006274912762>
59. Kiros G., Fisseha I., Abraham M. Evaluation of locally available fertilizer tree or shrub species in Gozamin Woreda, north Central Ethiopia. *Res J Agricult Environ Manag*. 2015;4:164-8.
60. Hundera K. Shade tree selection and management practices by farmers in traditional coffee production systems in Jimma Zone, Southwest Ethiopia. *Ethiopian Journal of education and sciences*. 2016;11(2):91-105.
61. Lamage B., Legesse A. Management and socioeconomic determinants of woody species diversity in parkland agroforestry in Tembaro District, Southern Ethiopia. *Biodivers Int J*. 2018;2(5):456-462. <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00100>

About the Authors:

Kasu Hailu Biru – Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-0332-0486>, Correspondence Author,
 kasuhailu128@gmail.com

Urge Cheru – Researcher

Об авторах:

Касу Хайлу Биру – исследователь,
<https://orcid.org/0000-0002-0332-0486>, автор для переписки,
 kasuhailu128@gmail.com

Урге Черу – исследователь

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>
УДК: 635.9:581.192

Е.В. Соколова*,
Т.А. Кроль,
Д.Н. Балеев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский Институт Лекарственных и Ароматических Растений» (ФГБНУ ВИЛАР)
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7

*Автор для переписки: eka9739@yandex.ru

Финансирование. Работа выполнена согласно Государственному заданию по теме FGUU 2022–0013.

Вклад авторов: Соколова Е.В.: концептуализация, методология, проведение исследования, создание черновика рукописи. Кроль Т.А.: проведение исследования, ресурсы, редактирование рукописи. Балеев Д.Н.: администрирование проекта, ресурсы, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Соколова Е.В., Кроль Т.А., Балеев Д.Н. Водный экстракт листьев *Astilbe chinensis* как потенциальное средство для замедления активности пищеварительных ферментов. *Овощи России*. 2025;(1):88-91. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>

Поступила в редакцию: 21.10.2024

Принята к печати: 12.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Ekaterina V. Sokolova*,
Tatiana N. Krol,
Dmitry N. Baleev

All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants
7, Grin street, Moscow, Russia, 117216

*Correspondence: eka9739@yandex.ru

Conclusion. The inhibitory potential of aqueous extract of *A. chinensis* leaves on amylase and lipase suggests a complex effect on key enzymes dysfunctional in a number of human metabolic disorders.

Funding. The work was carried out in accordance with the State Assignment on the topic FGUU 2022–0013.

Authors' Contribution: Sokolova E.V.: conceptualization, methodology, investigation, writing – original draft. Krol T.N.: resources, investigation, writing – review & editing. Baleev D.N.: project administration, resources, writing – review & editing.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Sokolova E.V., Krol T.N., Baleev D.N. Aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves as a potential medicine to slow activity of digestive enzymes. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):88-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-88-91>

Received: 21.10.2024

Accepted for publication: 12.12.2024

Published: 28.12.2024

Водный экстракт листьев *Astilbe chinensis* как потенциальное средство для замедления активности пищеварительных ферментов

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. *Astilbe chinensis* обладает клинической эффективностью в отношении многих заболеваний, что делает это растение потенциальным природным источником для лечения диабета и избыточного веса с мягким, неагрессивным воздействием. В целом, изучение биологических свойств листьев *A. chinensis* в настоящее время только начинается.

Целью исследования являлось расширение возможного спектра применения водного экстракта листьев *A. chinensis* в терапевтической практике человека.

Методы. Изучен анти-амилазный и анти-липазный потенциал водного экстракта из листьев астильбы китайской как важного представителя на роль природных комплексных веществ с терапевтическим потенциалом. Общее содержание фенольных соединений определяли методом Фолина-Чокальтеу и флавоноидов колориметрическим методом по реакции комплексообразования с хлоридом-алюминия. Влияние водных/чайных экстрактов листьев *A. chinensis* на панкреатические амилазу и липазу изучали в моделях *in vitro* в сравнении акарбозой и орлистатом, соответственно. Для этих тестов использовали искусственные субстраты сложный эфир 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорурфин) и 2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид.

Результаты. Исследование влияния на панкреатические амилазу и липазу водным экстрактом листьев *A. chinensis* показало сравнимый ингибирующий эффект в 18% в отношении обоих ферментов.

Заключение. Ингибирующий потенциал для водного экстракта листьев *A. chinensis* в отношении амилазы и липазы позволяет предположить комплексное воздействие на ключевые ферменты дисфункционирующие при ряде метаболических нарушений человека.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Astilbe chinensis, водный экстракт, фенольные соединения, флавоноиды, амилаза, липаза

Aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves as a potential medicine to slow activity of digestive enzymes

ABSTRACT

Relevance. *Astilbe chinensis* has clinical efficacy against many diseases, making this plant a potential natural source for treating diabetes and obesity with a mild, non-aggressive effect. Overall, the study of the biological properties of *A. chinensis* leaves is currently in its infancy.

Aim. In this study, the anti-amylase and anti-lipase potential of aqueous extract of *Astilbe chinensis* leaves was investigated as an important source of natural complex substances with therapeutic potential.

Methods. The total content of phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method and flavonoids by the colorimetric method according to the complexation reaction with aluminum chloride. The effects of aqueous/tea extracts of *A. chinensis* leaves on pancreatic amylase and lipase were studied via *in vitro* models in comparison with acarbose and orlistat, respectively. For these tests, the artificial substrates 1,2-O-dilauryl-rac-glycero-3-glutaric acid ester (6-methylresorufin) and 2-chloro-4-nitrophenol oligosaccharide were used.

Results. The study of the effect of aqueous extract of *A. chinensis* leaves on pancreatic amylase and lipase showed a comparable inhibitory effect of 18% on both enzymes.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Astilbe chinensis, водный экстракт, фенольные соединения, флавоноиды, амилаза, липаза

Введение

Для лечения таких метаболических заболеваний, как диабет и избыточный вес во всем мире используются традиционные растительные средства и травяные сборы, которые часто считаются свободными от побочных эффектов и менее токсичными, чем синтетические [1]. Всемирная организация здравоохранения перечислила почти 21000 растительных компонентов, которые используют для терапевтического воздействия в отношении различных заболеваний по всему миру [2]. Среди них более 400 растений, которые возможно использовать для лечения диабета, только небольшое количество этих растений прошли научную и медицинскую оценку для оценки их эффективности. *Trigonella foenum-graecum*, *Allium sativum*, *Caesalpinia bonduc*, *Ferula assafoetida* и т.д. являются некоторыми из лекарственных растений, используемых при противодиабетической терапии с наименьшим фактором риска побочных эффектов и острой токсичности [2,3].

Asiilbe chinensis (Maxim.) Franch. & Sav. является многолетним травянистым растением высотой до 1 м, принадлежащим семейству Saxifragaceae, которое произрастает на высоте 390–3600 м над уровнем моря в ряде стран азиатско-тихоокеанского региона [4]. Встречается во влажных и полутенистых местах вблизи водоемов [5,6]. Исторически подземные части *A. chinensis* (корневище) использовали как в пищу, так и в традиционной медицине. Корневище *A. chinensis* применяется для лечения таких заболеваний, как головные боли и хронический бронхит, артралгия, гастралгия, а также в качестве жаропонижающего и анальгезирующего средства [7-11]. Исследования показывают, что *A. chinensis* обладает клинической эффективностью в регулировании адипогенеза и смягчении метаболических расстройств [12]. Кроме того, предыдущие исследования показали, что тритерпеноиды, выделенные из *A. chinensis*, оказывают *in vitro* цитотоксическое действие на различные клеточные опухолевые линии, что указывает на *A. chinensis* как источник перспективного противоракового средства для преодоления ограничений и снижения побочных эффектов обычных противораковых препаратов [13]. Из последних сообщений о терапевтических свойствах экстрактов *A. chinensis*, стоит отметить исследование, посвященное противовоспалительному и антибактериальному эффектам. Так, в макрофагах RAW 264.7, стимулированных липополисахаридом, этанольный экстракт *A. chinensis* значительно подавлял провоспалительные медиаторы, включая интерлейкин-6, фактор некроза опухоли и оксид азота. Кроме того, экстракт *A. chinensis* подавлял экспрессию циклооксигеназы-2 (COX2) и индуцируемой синтазы оксида азота (iNOS). Примечательно, что этот экстракт проявил селективную антибактериальную активность против ключевых игроков в кариесе зубов и пародонтите *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguinis* и *Porphyromonas gingivalis* [14]. Ингибирование экстрактами из *A. chinensis* таких ферментов желудочно-кишечного тракта как α -глюкозидаза с IC50 30 мкг/мл [12], расширяет спектр действия *A. chinensis* и делает это растение потенциальным природным источником для лечения диабета и избыточного веса с мягким, неагрессивным воздействием. В целом, изучение биологических свойств листьев *A. chinensis* в настоящее время только начинается.

Растения *A. chinensis* ранее были введены в коллекцию Ботанического сада лекарственных растений ФГБНУ ВИЛАР, на территории которого и проводили сбор растительного сырья для данного исследования.

Методика исследований

Целью исследования являлось расширение возможного спектра применения водного экстракта листьев *A. chinensis* в терапевтической практике человека.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи.

Проанализированы общее содержание фенольных соединений и флавоноидов, методом Фолина-Чокальтеу и колориметрическим методом по реакции комплексообразования с хлоридом алюминия, соответственно. Влияние водных (чайных) экстрактов листьев *A. chinensis* на панкреатические амилазу и липазу изучали в моделях *in vitro* в сравнении акарбозой и орлистом, соответственно. Для этих тестов использовали искусственные субстраты ДГПР (сложный эфир 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорфин)) и CNP (2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид). Сбор листьев *A. chinensis* проводили в период массового цветения в 2023 году на территории ботанического сада ФГБНУ ВИЛАР. Навеску лиофилизированных листьев *A. chinensis* (FreeZone 2.5 L, Labconco, США) измельчали в вибрационной мельнице при частоте 20 Гц (MM 400, Rersch, Naan, Германия) с металлическими шариками в течение нескольких минут. После измельчения проводили водную экстракцию в 1 мл очищенной воды в течение 15 мин при 92.5°C, сразу по окончании экстракции образцы охлаждали в ледяной бане и центрифугировали (20 мин, 14000 об/мин) (5430R, Eppendorf, Германия). Замороженный супернатант лиофилизировали (FreeZone 2.5 L, Labconco, США). Полученный сухой экстракт растворяли в деионизованной воде для получения целевой концентрации.

Общее содержание фенольных соединений

Общее содержание фенольных соединений определяли методом Фолина-Чокальтеу [15,16]. Реакционная смесь включала 10 мкл образца (1 мг/мл), 100 мкл реагента Фолина-Чокальтеу (10-кратное разведение) и 80 мкл карбоната натрия (1 М). После инкубационного периода (20 мин) при комнатной температуре измеряли оптическую плотность ($\lambda=630$ нм) (SPECTROstar Nano, BMG LABTECH®, Ортенберг, Германия). Общее содержание фенолов выражали в мг эквивалента галловой кислоты на грамм сухого веса.

Содержание флавоноидов

Реакционная смесь состояла из 140 мкл H₂O, 5 мкл 10% AlCl₃, 5 мкл 1 М ацетата натрия и 100 мкл образца с концентрацией 1 мг/мл. Инкубационный период при комнатной температуре в темноте составлял 30 мин. В качестве референсного соединения выступал кверцетин, исходный раствор которого готовили в этаноле (2 мг/мл) с последующим приношением калибровочных концентраций в воде. Поглощение оптической плотности измеряли при длине волны 415 нм (SPECTROstar Nano, BMG LABTECH®, Ортенберг, Германия), и результаты выражали в мг эквивалента кверцетина на г сухой массы [17,18].

Активность амилазы

Анализ на способность оказывать воздействие на панкреатическую амилазу основан на расщеплении искусственного субстрата 2-хлор-4-нитрофенол-олигосахарид с образованием свободного хромофора (2-хлор-4-нитрофенил, CNP) [19]. Акарбоза при конечной концентрации 3 мкг/мл выступала в качестве положительного контроля, в то время как в качестве отрицательного контроля – вода. По протоколу данная ферментативная реакция должна проводиться при 37°C.

В лунки микропланшета последовательно добавляли следующие компоненты реакционной смеси:

- 2,5 мкл раствора амилазы (50 ед/мл), 95 мкл 50 ммоль/л MES-буфера (pH 6,0), содержащего моноклональные антитела против слюнной амилазы и 0,05% азида натрия (Вектор Бест, Новосибирск, Россия)

- 5 мкл раствора образца (конечная концентрация 0,05, 0,1 и 0,2 мг/мл)

- инкубация в течение 5 минут при интенсивном встряхивании (37 °C)

- раствор субстрата (23 мкл, 20 ммоль/мл) в MES-буфере (50 ммоль/мл, pH 6,0) и 0,09% азида натрия (Vector Best, Новосибирск, Россия)

- измерение оптической плотности при $\lambda = 405$ нм в кинетическом режиме.

Активность липазы

Тест по определению активности липазы был основан на ранее разработанной методике [20] с использованием сложного эфира 1,2-О-дилаурил-рац-глицеро-3-глутаровой кислоты (6-метилрезорруфин) (ДГГР) в качестве субстрата, расщепляемого липазой при 37°C. Результатом ферментативного расщепления являлось развитие голубовато-фиолетового окрашивания раствора (580 нм). Для сравнения ингибирующего действия использовали орлитат с конечной концентрацией 100 нг/мл. В лунки микропланшета последовательно добавляли:

- 2 мкл раствора липазы свиного панкреатина в деионизированной воде (60 Е/мл);

- 90 мкл раствора 1 (40 ммоль/л, трис-буфер, pH 8,0, 1 мг/л колипазы, 6,4 ммоль/л натриевой соли дезоксихолата, 3,4 ммоль/л натриевой соли тауродезоксихолата, 0,09 % азида натрия, 7,4 ммоль/л хлорида кальция) («Вектор Бест», Новосибирск, Россия);

- 5 мкл раствора образца в воде с конечной концентрацией в реакционной смеси равной 0,05, 0,1 и 0,2 мг/мл.

- инкубация, 2 мин при встряхивании

- 18 мкл раствора 2, содержащего субстрат ДГГР (1 ммоль/л ДГГР в 7,5 ммоль/л калий-натрий-тарtratном буфере с pH 4,0) (Вектор Бест, Новосибирск, Россия).

- измерение оптической плотности при длине волны 580 нм в кинетическом режиме

Статистический анализ

Для сравнения проводили однофакторный дисперсионный анализ. Установленные различия сравниваемых значений считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Натуральные продукты, включающие нутрицевтики и фитохимические вещества, полученные из растений, в последнее время стали центром внимания в исследованиях, посвященных изучению их биоактивных эффектов. Активно исследуются в первую очередь антиоксидантные, противовоспалительные и противоопухолевые свойства, что делает их привлекательными кандидатами для дальнейшего тестирования. Синергетические эффекты, возникающие в результате сочетания биоактивных соединений в натуральных продуктах и их доступности, повышают их потенциал для экономически эффективного и широкого использования [21].

Ранее было установлено, что увеличение потребления зеленых листовых овощей связано с более низким риском развития сахарного диабета второго типа [22,23]. Смягчение постпрандиальной гипергликемии связывали с присутствием фенольных соединений, которые способны поддерживать гомеостаз глюкозы [24]. Таким образом, было выдвинуто предположение, что грамотно выстроенная диетическая стратегия может способствовать задержке прогрессирования сахарного диабета второго типа [25-27].

В результате проведенного анализа суммарное содержание фенольных соединений в экстракте листьев составило $225,5 \pm 9,0$ мг/г с.в., в то время как содержание флавоноидов – $29,7 \pm 1,6$ мг/г с.в. В связи с тем, что *A. chinensis* редко попадала в поле зрения исследователей, то сравнить содержание фенольных соединений и флавоноидов в водных экстрактах листьев этого растения не представляется возможным.

Ингибирование водным экстрактом листьев *A. chinensis* на активность пищеварительных ферментов амилазы и липазы *in vitro* показано на **Рисунке**. Наши результаты продемонстрировали, что водный экстракт листьев *A. chinensis* приводит к статистически достоверному снижению активности панкреатической амилазы на 17% при концентрации 0,2 мг/мл. Этот показатель позволяет надеяться на умеренный анти-амилазный или гипогликемический эффект при регулярном применении в виде чайного напитка из листьев *A. chinensis*. По литературным данным ингибирующее действие в отношении амилазы водным экстрактом из *A. chinensis* (10 мг/мл) составила 10,8 % [28].

Еще одним важным показателем, ассоциированным с избыточным весом и другими связанными с ним метаболическими расстройствами, является панкреатическая липаза [29]. Модуляция ее ферментативной активности играет важ-

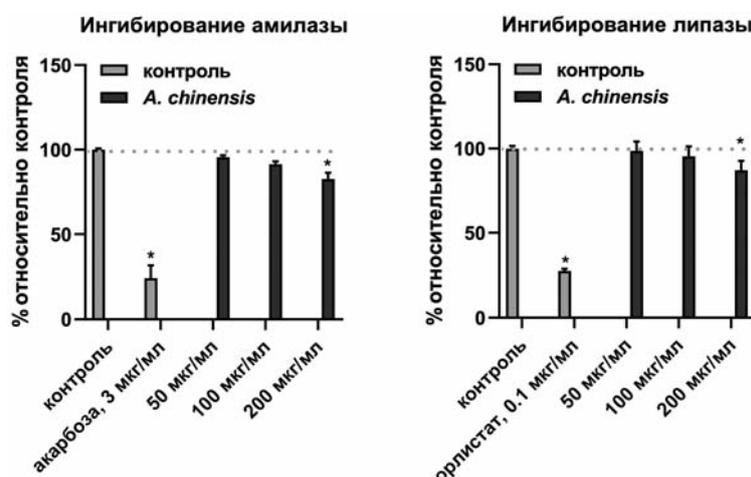


Рисунок. Влияние водного экстракта листьев *A. chinensis* на активность панкреатических амилазы и липазы *in vitro*

* - статистическая достоверность относительно контроля составляет менее 0,05
Figure. Influence of aqueous extracts of *A. chinensis* leaves on activity of pancreatic amylase and lipase *in vitro*
 * - statistical significance relative to control less than 0.05

ную роль в эффективном переваривании липидной (триглицериды) составляющей диеты человека. Наше исследование выявило способность водного экстракта листьев *A. chinensis* ингибировать активность панкреатической липазы *in vitro*. При самой высокой концентрации водного экстракта (0,2 мг/мл) ингибирующее действие в отношении этого фермента составляло 18%. При этом согласно литературным данным с использованием другой экспериментальной модели сообща-

лось о слабом анти-липазном эффекте водных экстрактов *A. chinensis* [28].

Таким образом, ингибирующий потенциал для изучаемого водного экстракта листьев *A. chinensis* в среднем одинаков как в отношении амилазы, так и липазы, что позволяет предположить комплексное воздействие на ключевые ферменты дисфункциональные при ряде метаболических нарушений человека.

• Литература / References

- Sivajothi V., Dey A., Jayakara B., Raj Kapoor B. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic and antioxidant effect of *Phyllanthus rheedii* on streptozotocin induced diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2008;7(1):53-59.
- Kumar S., Mittal A., Babu D., Mittal A. Herbal medicines for diabetes management and its secondary complications. *Current diabetes reviews*. 2021;17(4):437-56. <https://doi.org/10.2174/1573399816666201103143225>
- Singh J.K., Chakraborty S., Nagpal M., Aggarwal G. Herbal Approach for Diabetic Cure and Futuristic Dimension. *Current Drug Research Reviews Formerly: Current Drug Abuse Reviews*. 2023;15(3):207-21. <https://doi.org/10.2174/2589977515666230217114449>
- Seo C., Jeong W., Lee J.E., Kwon J.G., Kim J.K., Hong S.S. Flavonoids from the aerial parts of *Astilbe rubra*. *Chemistry of Natural Compounds*. 2019;55(6):1153-5. <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02919-w>
- Gil T.Y., Jin B.R., Hong C.H., Park J.H., An H.J. *Astilbe chinensis* ethanol extract suppresses inflammation in macrophages via NF- κ B pathway. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2020;20:1-1. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03073-5>
- Zhang Y., Wang J., Guo H. Ultrasound-assisted extraction of bergenin from *Astilbe chinensis*. *Genetic resources and crop evolution*. 2014;61:893-9. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0117-2>
- Zhang X.H., Wang Z., Kang B.G., Hwang S.H., Lee J.Y., Lim S.S., Huang B. Antiobesity effect of *Astilbe chinensis* Franch. et savet. Extract through regulation of adipogenesis and AMP-activated protein kinase pathways in 3T3-L1 adipocyte and high-fat diet-induced C57BL/6N obese mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2018;2018(1):1347612. <https://doi.org/10.1155/2018/1347612>
- Xue Y., Xu X.M., Yan J.F., Deng W.L., Liao X. Chemical constituents from *Astilbe chinensis*. *Journal of Asian natural products research*. 2011;13(02):188-91. <https://doi.org/10.1080/10286020.2010.546355>
- Nho J.H., Jang J.H., Jung H.K., Lee M.J., Sim M.O., Jeong D.E., Cho H.W. Ethanol extracts from *Astilbe chinensis* (Maxim.) Franch. Et Savat. exhibit inhibitory activities on oxidative stress generation and viability of human colorectal cancer cells. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 2018;26(2):141-7. <https://doi.org/10.7783/KJMCS.2018.26.2.141>
- Jeon B.R., Irfan M., Lee S.E., Lee J.H., Rhee M.H. *Astilbe chinensis* modulates platelet function via impaired MAPK and PLC γ 2 expression. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2018;2018(1):3835021. <https://doi.org/10.1155/2018/3835021>
- Chen C., Yang M., Chen Y., Wang Y., Wang K., Li T., Hu Q., Zhang W., Xia J. Astilbin-induced inhibition of the PI3K/AKT signaling pathway decelerates the progression of osteoarthritis. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2020;20(4):3078-83. <https://doi.org/10.3892/etm.2020.9048>
- Sancheti S., Sancheti S., Lee S.H., Lee J.E., Seo S.Y. Screening of Korean medicinal plant extracts for α -glucosidase inhibitory activities. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*. 2011;10(2):261. PMID: 24250352
- Lim J.S., Kyung S.Y., Jeon Y., Kim I.S., Kwak J.H., Kim H.S. Anticancer effects of the HDAC inhibitor, 3 β , 6 β dihydroxyurs 12 en 27 oic acid, in MCF 7 breast cancer cells via the inhibition of Akt/mTOR pathways. *Oncology Reports*. 2023;49(2):1-2. <https://doi.org/10.3892/or.2023.8480>
- Han J.M., Yun I., Yang K.M., Kim H.S., Kim Y.Y., Jeong W., Hong S.S., Hwang I. Ethanol extract from *Astilbe chinensis* inflorescence suppresses inflammation in macrophages and growth of oral pathogenic bacteria. *Plos one*. 2024;19(7):e0306543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306543>
- Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*. 1965;16(3):144-58. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Ojha S., Raj A., Roy A., Roy S. Extraction of total phenolics, flavonoids and tannins from *Paederia foetida* L. Leaves and their relation with antioxidant activity. *Pharmacognosy Journal*. 2018;10(3). <https://doi.org/10.5530/pj.2018.3.88>
- Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chern J.C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*. 2002;10(3).
- Mammen D., Daniel M. A critical evaluation on the reliability of two aluminum chloride chelation methods for quantification of flavonoids. *Food chemistry*. 2012;135(3):1365-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.109>
- Morishita Y., Iinuma Y., Nakashima N., Majima K., Mizuguchi K., Kawamura Y. Total and pancreatic amylase measured with 2-chloro-4-nitrophenyl-4-O- β -D-galactopyranosylmaltoside. *Clinical chemistry*. 2000;46(7):928-33. <https://doi.org/10.1093/clinchem/46.7.928>
- Panteghini M., Bonora R., Pagani F. Measurement of pancreatic lipase activity in serum by a kinetic colorimetric assay using a new chromogenic substrate. *Annals of clinical biochemistry*. 2001;38(4):365-70. <https://doi.org/10.1258/0004563011900876>
- Zhang Y., Xie J. Targeting ferroptosis regulators by natural products in colorectal cancer. *Frontiers in Pharmacology*. 2024;15:1374722. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1374722>
- Kumar D.A., Anusha S.V., Oruganti S., Deshpande M., Zehra A., Tiwari A.K. Raw versus cooked vegetable juice: Effect on parameters of glycaemic overload and oxidative stress *in vitro*. *Nutrafoods*. 2015;14:27-38. <https://doi.org/10.1007/s13749-014-0066-6>
- Tiwari A.K., Jyothi A.L., Tejeswini V.B., Madhusudana K., Kumar D.A., Zehra A., Agawane S.B. Mitigation of starch and glucose-induced postprandial glycemic excursion in rats by antioxidant-rich green-leafy vegetables' juice. *Pharmacognosy Magazine*. 2013;9(Suppl1):S66. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.117872>
- Aghajanyan A., Nikoyan A., Trchounian A. Biochemical activity and hypoglycemic effects of *Rumex obtusifolius* L. seeds used in Armenian traditional medicine. *BioMed Research International*. 2018;2018(1):4526352. <https://doi.org/10.1155/2018/4526352>
- Podsedek A., Majewska I., Kucharska A.Z. Inhibitory potential of red cabbage against digestive enzymes linked to obesity and type 2 diabetes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017;65(33):7192-9. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02499>
- Savran A., Zengin G., Aktumsek A., Mocan A., Glamoclija J., Ćirić A., Soković M. Phenolic compounds and biological effects of edible *Rumex scutatus* and *Pseudosempervivum sempervivum*: potential sources of natural agents with health benefits. *Food & function*. 2016;7(7):3252-62. <https://doi.org/10.1039/C6FO00695G>
- Spinola V., Llorent-Martinez E.J., Castilho P.C. Inhibition of α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase by phenolic compounds of *Rumex maderensis* (Madeira sorrel). Influence of simulated gastrointestinal digestion on hyperglycaemia-related damage linked with aldose reductase activity and protein glycation. *Lwt*. 2020;118:108727. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108727>
- Kim H.Y., Lim S.H., Park Y.H., Ham H.J., Lee K.J., Park D.S., Kim K.H., Kim S.M. Screening of α -amylase, α -glucosidase and lipase inhibitory activity with Gangwon-do wild plants extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2011;40(2):308-15. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.2.308>
- Kumar A., Chauhan S.. Pancreatic lipase inhibitors: The road voyaged and successes. *Life Sciences*. 2021;271:119115. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.119115>

Об авторах:

Екатерина Владимировна Соколова – кандидат биол. наук, SPIN-код: 3578-1374, автор для переписки, eka9739@yandex.ru

Татьяна Анатольевна Кроль – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-4642-651X>, SPIN-код: 1620-2290, tatianakroll1@gmail.com

Дмитрий Николаевич Балеев – кандидат с.-х. наук, зав. лаб., <https://orcid.org/0000-0002-1228-0594>, SPIN-код: 5487-2926, dbaleev@gmail.com

About the Authors:

Ekaterina V. Sokolova – Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, SPIN- code: 3578-1374, Correspondence Author, eka9739@yandex.ru

Tatiana A. Krol – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-4642-651X>, SPIN-code: 1620-2290, tatianakroll1@gmail.com

Dmitry N. Baleev – Cand. Sci. (Agriculture), <https://orcid.org/0000-0002-1228-0594>, SPIN-code: 5487-2926, dbaleev@gmail.com

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-92-101>
УДК: 635.1/.7.027.22

А.В. Солдатенко¹,
Н.Д. Аварский^{2*}

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500

*Автор для переписки: science@vniiesh.ru

Конфликт интересов. А.В. Солдатенко является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2017 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Вклад авторов: Солдатенко А.В.: концептуализация, методология, верификация данных, редактирование рукописи. Аварский Н.Д.: визуализация, создание рукописи, формальный анализ.

Для цитирования: Солдатенко А.В., Аварский Н.Д. Технико-технологическая оснащенность производства овощных культур в России. *Овощи России*. 2025;(1):92-101.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-92-101>

Поступила в редакцию: 26.11.2024

Принята к печати: 16.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Alexey V. Soldatenko¹,
Nabi D. Avarskii²

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Seleccionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

² All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" 500, Vereya, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

*Correspondence Author: science@vniiesh.ru

Authors' Contribution: Soldatenko A.V.: conceptualization, methodology, data verification, manuscript editing. Avarskii N.D.: visualization, manuscript creation, formal analysis.

Conflict of interest. Soldatenko A.V. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2017, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Soldatenko A.V., Avarskii N.D. Technical and technological equipment of vegetable crops production in Russia. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):92-101. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-92-101>

Received: 26.11.2024

Accepted for publication: 12.12.2024

Published: 28.12.2024

Технико-технологическая оснащенность производства овощных культур в России

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность и методы. Исследование посвящено анализу состояния технико-технологического обеспечения производства овощных культур в России. В процессе исследования применялись методы: аналитический, монографический, экономико-статистические и экспертную оценку.

Результаты. Приведены данные о самообеспечении продукцией овощеводства, производстве овощных культур в хозяйствах всех категорий за последние 5 лет, а также об изменениях себестоимости производства и себестоимости реализации этой продукции. Рассмотрены вопросы обеспечения овощеводства сельскохозяйственной техникой и оборудованием, внедрения процессов цифровизации в подотрасли овощеводства, а также существующие меры его государственной поддержки. В результате проведенного анализа современного состояния технико-технологического обеспечения овощеводства, а также существующей государственной поддержки производства овощных культур выявлены основные элементы, которые необходимо развивать для повышения эффективности этой подотрасли растениеводства.

Заключение. Овощеводство является одной из наиболее значимой подотраслью растениеводства, обеспечивающей потребительский спрос населения и продовольственную безопасность России; для достижения необходимого уровня самообеспеченности продукцией овощеводства необходимо соответствующее технико-технологическое обеспечение их производителей; для решения данной задачи требуется внедрение инновационных технологий производства продукции овощеводства, а также обеспечение необходимым количеством современной высокопроизводительной техникой и оборудованием, что возможно только при эффективной государственной поддержке технико-технологической модернизации производства продукции овощеводства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

состояние, государственная поддержка, меры, самообеспечение, оборудование, овощные культуры, себестоимость, техника, технологическое обеспечение, цифровизация

Technical and technological equipment of vegetable crops production in Russia

ABSTRACT

Relevance and Methods. The study is devoted to the analysis of the state of technical and technological support for the production of vegetable crops in Russia. During the research, the following methods were used: analytical, monographic, economic-statistical and expert assessment.

Results. It provides data on self-sufficiency in vegetable production, production of vegetable crops in farms of all categories over the past 5 years, as well as changes in the cost of production and the cost of sales of these products. The issues of providing vegetable growing with agricultural machinery and equipment, the introduction of digitalization processes in the vegetable growing sub-sectors, as well as existing measures of its state support are considered. As a result of the analysis of the current state of technical and technological support for vegetable growing, as well as the existing state support for the production of vegetable crops, the main elements that need to be developed to increase the efficiency of this sub-branch of crop production have been identified.

Conclusion. Vegetable growing is one of the most significant sub-sectors of crop production, ensuring consumer demand of the population and food security in Russia; in order to achieve the necessary level of self-sufficiency in vegetable production, appropriate technical and technological support for their producers is necessary; to solve this problem, it is necessary to introduce innovative technologies for the production of vegetable products, as well as to provide the necessary amount of modern high-performance machinery and equipment, which is possible only with effective state support for the technical and technological modernization of vegetable production.

KEYWORDS:

condition, state support, measures, self-sufficiency, equipment, vegetable crops, cost, machinery, technological support, digitalization

Введение

В условиях санкционного давления на Россию со стороны стран коллективного запада большое значение приобретает обеспечение её продовольственной безопасности, основные показатели которой утверждены Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов России на период до 2030 года (далее Стратегия). Одной из основных задач обеспечения продовольственной безопасности страны является достижение самообеспечения овощными культурами. В 2023 году, по данным Минсельхоза России, уровень самообес-

Методы исследования

В процессе исследования применяли следующие методы: аналитический, монографический, экономико-статистические и экспертную оценку. Использовали информационные и аналитические материалы Правительства России, Минсельхоза России, Росстата, Центрального банка России, АО «Росагролизинг», Ассоциации «Росспецмаш», ФГБНУ «Росинформагротех», данные из Информационно-правового портала, журналов «Овощи России» и «Картофель и овощи».

Таблица 1. Уровень самообеспечения овощами и продовольственными бахчевыми культурами по субъектам Российской Федерации (%)
Table 1. Level of self-sufficiency in vegetables and melons by subjects of the Russian Federation (%)

Регионы	Годы				
	2019	2020	2021	2022	2023
Российская Федерация	87,7	86,3	86,5	88,5	89,1
Центральный федеральный округ	57,8	57,8	58,7	59,6	57,8
Северо-Западный федеральный округ	38,3	37,1	36,5	37,9	35,8
Южный федеральный округ	171,5	170,5	173,5	179,1	184,9
Северо-Кавказский федеральный округ	134,4	127,7	115,8	123,2	129,7
Приволжский федеральный округ	95,8	93,0	97,6	93,8	94,4
Уральский федеральный округ	48,7	47,5	41,9	45,8	43,9
Сибирский федеральный округ	54,5	54,0	52,4	53,4	52,1
Дальневосточный федеральный округ	38,6	38,9	39,6	42,5	37,8

печения овощами и бахчевыми культурами составил 89,1%, что на 0,6 п.п. ниже показателя, предусмотренного в Стратегии (табл. 1). Также в настоящее время «...уровень самообеспечения семенами овощных культур составляет менее 20 процентов» [1]. Большое значение для производства овощных культур и посадочного материала, необходимого для их выращивания в сельскохозяйственных организациях всех форм хозяйствования, имеет наличие у них необходимого количества современной техники и оборудования, а также внедрения процессов цифровизации [2]. Исходя из этого мы считаем, что следует подробно рассмотреть современное состояние технико-технологического обеспечения производства овощных культур, в том числе и для селекции и семеноводства, определить основные направления совершенствования мер государственной поддержки этой подотрасли растениеводства, направленных на повышение уровня технико-технологического обеспечения производства овощных культур в России.

Результаты

За последние годы наблюдается относительно стабильное состояние посевных площадей овощей открытого грунта во всех категориях хозяйств (табл. 2). Так, за период с 2019 по 2023 годы наблюдается небольшое сокращение посевных площадей овощных культур на 2,3% (с 188,8 до 184,5 тыс. га). При этом за данный период времени валовой сбор овощей открытого грунта увеличился на 7,1% (с 5,48 до 5,87 млн т), а овощей защищенного грунта – на 22,6% (с 1,33 до 1,63 млн т). Урожайность овощей открытого грунта увеличилась на 5,9% (с 290,2 до 307,2 ц/га).

Одной из наиболее существенных проблем овощеводства является зависимость России от семян зарубежных сортов и гибридов. Как отмечают в своих научных трудах ученые ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, для овощеводства в защищенном грунте по отдельным культурам такая зависимость составляет 70–90%, а для овощеводства открытого грунта – 50-75%» [3, 4]. Основным документом стратегического планирования в области развития селекции и семеноводства в

Таблица 2. Динамика производства овощей в хозяйствах всех категорий в России по годам*
Table 2. Dynamics of vegetable production in farms of all categories in Russia by year*

Показатели	Годы					2023 год в % к 2019 году
	2019	2020	2021	2022	2023	
Посевные площади овощей, тыс. га	188,8	191,9	182,8	191,2	184,5	97,7
Валовой сбор овощей открытого грунта, млн т	5,48	5,43	5,05	5,64	5,87	107,1
Валовой сбор овощей защищенного грунта, млн т	1,33	1,49	1,52	1,64	1,63	122,6
Урожайность овощей открытого грунта, ц с 1 га убранный площади	290,2	282,9	276,3	295,9	307,2	105,9

*Без учета статистической информации по ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областям

Источник: таблица составлена по данным Минсельхоза России

*Excluding statistical information on the Donetsk People’s Republic, Lugansk People’s Republic, Zaporizhia and Kherson regions
 Source: table compiled based on data from the Ministry of Agriculture of Russia

России является Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы (программа ФНТП), в которую включена подпрограмма «Развитие селекции и семеноводства овощных культур в Российской Федерации». В этом документе отмечено, что «...объем высева отечественного семенного материала к 2031 году должен достигнуть уровня 512 тыс. т. В России в настоящее время действует 17 ведущих государственных селекционных организаций. Как отмечают эксперты, на рынке семян наблюдается недостаточная конкурентоспособность отечественной селекции и семеноводства овощных культур, что приводит к высокой зависимости от поставок посевного материала овощных культур из-за рубежа. Предполагается увеличить объем высева отечественного семенного материала овощных культур за период с 2024 по 2030 годы в 1,8 раза (с 56,93 до 100,86 т) [5]. Необходимые для производства овощных культур средства защиты растений также поставляются в Россию в основном из-за рубежа. Однако ассортимент, зарегистрированных средств защиты растений является крайне недостаточным для обеспечения высокой биологической эффективности от сорняков болезней и вредителей.

За период с 2020 по 2023 годы наблюдалось повышение технической оснащенности отрасли овощеводства. Количество техники и оборудования, которая имелась в распоряжении производителей овощных культур, за этот период увеличилось на 30,2% (с 5,29 до 6,89 тыс. шт.), в том числе: машин для посадки – на 30% (с 1,83 до 2,38 тыс. шт.), машин для уборки – на 30,3% (с 1,88 до 2,45 тыс. шт.) и машин для послеуборочной обработки – на 30,4% (с 1,58 до 2,06 тыс. шт.) (табл. 3).

Таблица 3. Состояние технической оснащенности производителей овощных культур в России по годам
Table 3. State of technical equipment of vegetable crop producers in Russia by year

Показатели	Годы				2023 год в % к 2020 году
	2020	2021	2022	2023	
Наличие машин для овощеводства, тыс. шт.	5,29	6,62	6,84	6,89	130,2
в т.ч.: посадки	1,83	2,27	2,36	2,38	130,0
уборки	1,88	2,35	2,43	2,45	130,3
послеуборочной обработки	1,58	2,0	2,05	2,06	130,4

Источник: составлена по К.И. Алексееву [10]
Source: compiled according to K.I. Alekseev [10]

Однако, следует отметить, что на рост оснащенности производителей овощных культур сельскохозяйственной техникой в настоящее время наблюдается высокая технологическая и техническая зависимость отечественных производителей овощных культур от зарубежных производителей сельскохозяйственной техники и оборудования. Как отмечают в своих трудах российские ученые, «...нагрузка на технику для овощеводства значительно превышает существующие нормативы. Например, для овощных сеялок нормативная годовая загрузка составляла 40 га, а фактически – более 150 га. Такая же ситуация наблюдалась и по другим сельскохозяйственным машинам [6]. Следует отметить, что наблюдается снижение доли российских сортов на рынке семенного материала овощных культур. Это можно объяснить тем, что технологический уровень и техническая оснащенность большинства семеноводческих хозяйств не сопоставимы с уровнем современных зарубежных селекционно-семеноводческих центров и компаний. Для обеспечения потребности овоще-

водческих хозяйств элитными семенами необходимы сельскохозяйственные машины и оборудование для их выращивания и уборки. Для производства таких семян используют овощные сеялки точного высева, высадкопосадочные машины, машины для уборки и послеуборочной обработки овощных культур» [7, 8]. У семеноводческих хозяйств, занимающихся производством посевного материала овощей, потребность в селекционной технике в настоящее время составляет: по селекционным сеялкам – 230 ед.; рассадопосадочным машинам – 225 ед.; селекционным комбайнам – 235 ед.; селекционным молотильным установкам – 453 ед.; селекционным сушильным агрегатам – 247 ед.; селекционным сортировочным машинам – 341 единица [9].

Для производства овощных культур применяется как специальная, так и универсальная сельскохозяйственная техника. Так, к универсальным сельскохозяйственным машинам можно отнести транспортные средства общего назначения и тракторы. Тогда как к специальным сельскохозяйственным машинам для производства овощных культур можно отнести: сеялки для посева семян овощных культур; сажалки для посадки маточников лука; рассадопосадочные машины; копатели лука-севка; комбайны для уборки моркови столовой самоходные; машины капустоуборочные; комбайны для подбора лука самоходные; машины для уборки семенников лука; линии для закладки корнеклубнеплодов и лука на хранение; сортировочные комплексы для семян лука, моркови, капусты [3]. Также к специальным видам сельскохозяйственной техники относится послеуборочное оборудование для отделения семян овощных культур от различных примесей, обмолота и вытирания семенников, сепарации семян (семеноводческие шасгалки, семяочистительные машины и сепараторы) [8].

В перечень используемых в настоящее время сельскохозяйственной техники и оборудования для селекции и семеноводства овощных культур входят машины и оборудование: для обработки почвы (в основном российского производства), посева и посадки (в основном российского и белорусского производства), защиты растений (в основном российского производства), уборочных работ (российского и зарубежного производства), обработки и подготовки семян (российского и зарубежного производства) [11].

Ученые ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ отметили, что в России для овощеводства технику и оборудование производят такие предприятия, как ООО «Колнаг», ООО «Агротехмаш», ОАО «Миллеровосельмаш», ООО «Воронежсельмаш», АО «Белинсксельмаш» и ряд других производственных объединений. Кроме того, в этой подотрасли растениеводства используются сельскохозяйственные машины производства Республики Беларусь. К их числу относятся тракторы, разбрасыватели удобрений, машины для уборки овощей и выполне-

ния отдельных операций по обмолоту семян ряда овощных культур. Основными белорусскими производителями такой сельскохозяйственной техники являются ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Бобруйскагромаш» и ОАО «Лидаагропромаш», выпускающие всю номенклатуру машин от предпосевной обработки почвы до послеуборочной обработки товарной продукции. По данным на 2022 год, в Россию поставлялись из-за рубежа машины для разделного сбора лука, картофеля, моркови, капусты и свеклы нескольких фирм-производителей (Asa-Lift (Дания), Samon (Голландия), Simon (Франция) и другие иностранные компании). Также из-за рубежа поставлялись машины для первичной обработки овощей таких производителей, как Daupha (Дания), Urtann (Германия) и некоторых других фирм. Ведущими производителями машин для послеуборочной обработки семян считаются компании Cimbria (Дания) и Petkus (Германия). В России проектированием, исследованием и производством машин указанных типов занимается ФНАЦ ВИМ. Оборудование для капельного орошения и укладки мульчирующей пленки в России не производится, а в полном объеме импортируется из-за рубежа. Также имеется ряд совместных предприятий с высоким уровнем локализации и выпускающие комплексы машин от предпосадочной обработки почвы до послеуборочной обработки продукции овощеводства. К таким предприятиям относятся ООО «Колнаг», ООО «Агротехмаш», АО «Брянсксельмаш», ОАО «Миллеровосельмаш», ООО «Воронежсельмаш», АО «Белинсксельмаш» и ряд других производителей техники» [8, 10]. Следует отметить, что мировое производство селекционной сельскохозяйственной техники для селекции и семеноводства овощных культур сосредоточено в основном в индустриально развитых странах в частных фирмах: «Алмако» (США), «Хеге» (Германия), «Винтерштайгер» (Австрия), «Сампо Розенлев» (Финляндия), «Веструп» (Дания). Поэтому в условиях санкционного давления на Россию проблему механизации процессов селекции, сортоиспытания и первичном семеноводстве овощных культур в России путем приобретения машин из-за рубежа решать нецелесообразно ввиду высокой стоимости не только самих сельскохозяйственных машин, но и комплектующих и других расходных материалов к ним [3]. В связи с этим необходимо с помощью государственной поддержки развивать в нашей стране производство такой сельскохозяйственной техники.

Обеспеченность сельскохозяйственных организаций всех административно-правовых форм сельскохозяйственной техникой и оборудованием для овощеводства может быть достигнута с помощью технико-технологической модернизации производственных процессов в этой подотрасли растениеводства, которая позволяет наиболее эффективно использовать имеющуюся в наличии сельскохозяйственную технику при производстве продукции овощеводства [12, 13, 14, 15]. Для выращивания овощей открытого грунта в настоящее время используются следующие инновационные технологии: цифровой мониторинг посевов и сельскохозяйственных угодий на основе датчиков на поле; разработка и использование цифровых карт и цифровых схем полей; оценка состояния полей в ходе работы машин, тракторов, комбайнов, и их беспилотное вождение; системы автоматизированного обмена информацией между сельскохозяйственной машиной и системами учета на уровне хозяйства; роботизированный уход за растениями и уборка урожая; учет продукции и ресурсов на основе датчиков на автомашинах и других видах транспорта.

Кроме того, выращивание овощных культур в защищенном грунте является одной из сфер применения цифровых технологий. Для него необходимо обеспечение климатического контроля в теплицах за счет регулирования работы систем вентиляции, влажности и температуры воздуха на базе таких технологий. Данная технология используется во всех круглогодичных теплицах четвертого и последующих поколений, занимающихся промышленным выращиванием овощных культур. Инновационные решения находятся на таком уровне, что климатом и поливом в теплице управляет агроном с помощью компьютера. В настоящее время большинство сельскохозяйственной техники и оборудования для выполнения основных операций производства овощных культур защищенного грунта, в том числе и по цифровым технологиям, в России не производится. Например, оборудование для капельного орошения и укладки мульчирующей пленки в полном объеме импортируется из-за рубежа [16].

В настоящее время практически вся селекция и оригинальное семеноводство в России базируются на ручном труде, и машины для возделывания и уборки картофеля на этапе селекционно-семеноводческих работ, позволяющие выполнять технологические операции посадки и обработки, в настоящее время в России не выпускаются. Для развития механизации процессов селекции и семеноводства овощных культур, в том числе по современным технологиям, требуется внедрение цифровых систем контроля и управления технологическими процессами производства, которые практически не выпускают отечественные производители» [2, 9, 17]. С целью наращивания объемов производства овощных культур открытого и защищенного грунта с 2023 года реализуется отдельный федеральный проект «Развитие отраслей овощеводства и картофелеводства». В рамках реализации указанного федерального проекта планируется также техническое переоснащение производственных мощностей сельскохозяйственных организаций, занимающихся производством овощных культур [18]. В Федеральном бюджете на 2024 год на финансирование этого проекта было выделено 4,5 млрд рублей [19].

Одной из актуальных проблем в овощеводстве является себестоимость их производства и реализации, которая оказывает влияние на формирование цен. Так, за период с 2018 года по 2022 год средние потребительские цены на конец года выросли на лук репчатый – на 21,7% (с 26,41 до 32,15 руб./кг), свеклу столовую – на 20,1% (с 26,48 до 31,80 руб./кг), морковь – на 21,7% (с 30,88 до 37,47 руб./кг), помидоры свежие – на 15% (с 128,71 до 147,98 руб./кг) и огурцы свежие – на 25,2% (с 141,38 до 176,98 руб./кг). И лишь по капусте белокочанной они снизились на 14,1% (с 28,07 до 24,12 руб./кг) [18]. Что касается 2023 года, то по данным Минсельхоза России, потребительские цены на овощи в декабре 2023 года по сравнению с декабрем 2022 года повысились на 0,4%, в том числе на капусту белокочанную – на 37,2% (до 33,09 руб./кг), свеклу столовую – на 12,8% (до 35,86 руб./кг), чеснок – на 46,4% (до 341,64 руб./кг), морковь – на 12,9% (до 42,31 руб./кг), помидоры свежие – на 50,1% (до 222,09 руб./кг) и на огурцы – на 18,3% (до 209,36 руб./кг).

Как отмечалось ранее, одной из причин роста цен на продукцию овощеводства является повышение себестоимости производства и реализации продукции, которое обусловлено в первую очередь увеличением затрат на импортозависимые компоненты (семена, средства защиты растений, технику и оборудование), а также на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, минеральные и органические

Таблица 4. Динамика себестоимости производства и реализации продукции овощеводства в сельскохозяйственных организациях России
 Table 4. Dynamics of production costs and sales of vegetable products in agricultural organizations in Russia

Показатели	Годы					2022 г в % к 2018 г
	2018	2019	2020	2021	2022	
Овощи открытого грунта (кроме семенных посевов)						
Посевная площадь, тыс. га	78,58	82,62	104,8	82,68	85,49	108,8
Полная производственная себестоимость производства овощей открытого грунта, млрд руб.	14,74	16,16	17,72	18,44	21,94	148,9
в т.ч. оплата труда с отчислениями на социальные нужды	2,12	2,25	2,48	2,78	2,94	138,7
семена и посадочный материал	2,25	2,59	2,84	2,86	3,19	141,8
минеральные удобрения	1,06	1,47	1,65	1,83	2,32	2,2 р.
органические удобрения	0,11	0,12	0,10	0,10	0,11	100,0
средства защиты растений	1,13	1,21	1,50	1,64	2,15	1,9 р.
покупная энергия всех видов, топливо	1,40	1,39	1,44	1,44	1,74	124,3
содержание основных средств	1,26	1,26	1,52	1,53	1,46	115,9
затраты на страхование	0,004	0,04	0,06	0,03	0,05	12,5 р.
прочие	5,37	5,83	6,15	6,32	7,98	148,6
Себестоимость производства: на 1 тыс. га, млн руб.	187,6	195,6	169,2	224,2	256,6	136,8
на ед. продукции, руб./ц	742	671	759	870	920	124,0
Себестоимость реализации ед. продукции, руб./ц	902	878	994	1065	1360	1,5 р.
Маркетинговые затраты, руб./ц	160	207	235	195	440	2,8 р.
Овощи защищенного грунта						
Посевная площадь, млн м ²	22,27	25,06	28,46	28,41	28,29	127,0
Полная производственная себестоимость производства овощей защищенного грунта, млрд руб.	56,07	69,72	86,96	103,1	117,5	2,1 р.
в т.ч. оплата труда с отчислениями на социальные нужды	11,36	14,57	18,04	21,12	23,18	2 р.
семена и посадочный материал	2,32	3,04	3,77	5,17	5,55	2,4 р.
минеральные удобрения	2,93	3,04	3,82	4,49	6,75	2,3 р.
органические удобрения	0,15	0,33	0,33	0,28	0,30	2 р.
средства защиты растений	1,02	1,36	1,99	2,29	3,15	3,1 р.
покупная энергия всех видов, топливо	13,70	17,54	23,18	27,55	32,41	2,4 р.
содержание основных средств	2,19	1,96	2,16	2,65	3,13	142,9
затраты на страхование	0,004	0,02	0,003	0,008	0,008	2 р.
прочие	22,36	27,85	33,64	39,53	43,01	1,9 р.
Себестоимость производства: на 1 тыс. м ² , млн руб.	2,52	2,78	3,06	3,63	4,15	1,6 р.
на ед. продукции, руб./ц	6053	6300	6314	7148	7756	128,1
Себестоимость реализации ед. продукции, руб./ц	6172	6479	6519	7359	8598	139,3
Маркетинговые затраты, руб./ц	119	179	205	211	842	7,1 р.
Семенные посевы (семенники) овощных культур						
Посевная площадь, тыс. га	1,07	2,59	1,48	4,54	4,90	4,6 р.
Полная производственная себестоимость производства семенников овощных культур, млн руб.	216,3	280,2	276,4	362,4	519,5	2,4 р.
в т.ч. оплата труда с отчислениями на социальные нужды	29,76	39,0	47,69	34,59	64,12	2,2 р.
семена и посадочный материал	49,76	72,64	67,63	98,32	117,5	2,4 р.
минеральные удобрения	9,04	8,5	12,11	24,05	48,17	5,3 р.
органические удобрения	0,001	0,001	0,003	0,06	0,06	60 р.
средства защиты растений	18,44	14,48	17,57	28,68	32,05	1,7 р.
покупная энергия всех видов, топливо	16,25	18,13	18,96	28,92	56,82	3,5 р.
содержание основных средств	8,02	34,92	32,59	18,53	31,23	3,8 р.
затраты на страхование	0,004	0,02	0,07	0,08	0,09	22,5 р.
прочие	84,98	92,52	79,77	128,3	169,5	2 р.
Себестоимость производства: на 1 тыс. га, млн руб.	202,1	108,2	186,6	79,8	106,0	52,5
на ед. продукции, руб./ц	4549	3028	3052	5066	4439	97,6
Себестоимость реализации ед. продукции, руб./ц	4743	3567	3935	5231	6378	134,5
Маркетинговые затраты, руб./ц	194	539	883	165	1949	10 р.

Источник: составлена по данным Минсельхоза России

Source: compiled based on data from the Ministry of Agriculture of Russia

удобрения, покупную энергию всех видов и топливо, содержание основных средств, затраты на страхование и прочие расходы.

Изменение себестоимости производства и реализации продукции овощных культур в сельскохозяйственных организациях России за период 2018-2022 годов представлены в таблице 4. Затраты на содержание основных средств, к которым относится техника и оборудование, за период 2018-2022 годов увеличились на 15,9% (с 1,26 до 1,46 млрд руб.) на производство овощей открытого грунта, на 42,9% (с 2,19 до 3,13 млрд руб.) на производство овощей защищенного грунта и в 3,8 раза (с 8,02 до 31,23 млрд руб.) на производство семенников овощных культур. Затраты на оплату труда с отчислениями на социальные нужды за данный период времени выросли с 11,36 до 23,18 млрд руб. (в 2 раза) на производство овощей защищенного грунта и с 29,76 млрд руб. до 64,12 млрд руб. (в 2,2 раза) на производство семенников овощных культур. Эти данные свидетельствуют об увеличении числа занятого в производстве рабочего персонала и показывают недостаточный уровень применения при производстве овощных культур современных механизированных технологий с использованием цифровизации производственных процессов. Из-за этого наблюдается рост за данный период времени прямых затрат труда на производство овощей защищенного грунта с 32,72 до 41,24 млн чел.-ч. (на 26%) и на производство семенников овощных культур с 0,11 до 0,15 млн чел.-ч. (на 36,4%). Помимо роста себестоимости производства ед. продукции производства овощей открытого и защищенного грунта за данный период времени наблюдался и рост себестоимости реализации этой продукции. При этом маркетинговые затраты для продукции производства овощей открытого и защищенного грунта, которая определяется как разность между себестоимостью реализации ед. продукции и себестоимостью производства ед. продукции, имели тенденцию увеличения. Себестоимость производства ед. продукции производства семенников снизилась на 2,4% за счет увеличения посевных площадей в 4,6 раза. Но из-за повышения маркетинговых затрат в 10 раз себестоимость реализации этой продукции увеличилась на 34,5%.

Следует отметить, что в настоящее время существуют такие виды федеральной поддержки технико-технологической модернизации производства овощных культур, как поддержка отечественных производителей сельскохозяйственной техники и оборудования для овощеводства и обеспечения производителей овощных культур сельскохозяйственной техникой и оборудованием. Одним из видов поддержки отечественных производителей сельскохозяйственной техники и оборудования является поддержка проведения НИОКР, направленные на разработку и внедрение в производство новой высокопроизводительной сельскохозяйственной техники. Можно отметить следующие виды соответствующей федеральной поддержки. Так, в соответствии с Постановлением Правительства России от 13.12.2021 г. №2281, компенсируются части затрат на разработку и организацию производства новых видов продукции сельскохозяйственного машиностроения, а также модернизацию линейки такой выпускаемой продукции. Субсидии предоставляются Минпромторгом России в пределах лимитов бюджетных обязательств на соответствующий финансовый год и плановый период в рамках Государственной программы развития промышленности и повышение ее конкурентоспособности в целях стимулирования производства конку-

рентоспособных техники и оборудования для сельского хозяйства (в т.ч. техники и оборудования, применяемых в овощеводстве) и обеспечивают до 60% затрат организации на реализацию научно-производственных проектов. Одним из условий является привлечение научной организации или научного центра к реализации проекта.

Кроме того, в соответствии с Постановлением Правительства России от 12.12.2019 г. №1649 предоставляются субсидии из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение затрат на проведение НИР и ОКР по современным технологиям в рамках реализации такими организациями инновационных проектов. Они выделяются в рамках государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства России от 29.03.2019 г. №377 (в ред. от 17.01.2024 г.), и являются источником финансового обеспечения 70% затрат организаций на проведение НИР. В Федеральном бюджете на 2024 год было выделено на специализированную программу, предусматривающую компенсацию части затрат на разработку и организацию производства новых видов сельскохозяйственной техники, 500 млн руб.

Следует отметить, что Постановлением Правительства России от 24.12.2023 г. №2235 был утвержден такой новый вид поддержки, как получение налоговых преференций за расходы при проведении НИОКР, в соответствии с которым расходы при проведении исследований и разработок исключаются из базы расчёта налога на прибыль. Они отнесены к прочим расходам с увеличивающим коэффициентом 1,5, что снижает величину самих налоговых платежей. Перечень исследований и разработок, на которые распространяется эта льгота, утверждает Правительство России [20].

На организации, занимающиеся разработкой и производством техники и оборудования, предназначенных для цифровизации овощеводства, следует распространить льготы по страховым взносам и налогам, установленные ранее для IT-компаний. Кроме того, для расширения производственных мощностей и создания новых цехов используется такой инструмент как Фонд развития промышленности (включая федеральный и региональный), который предоставляет льготные кредиты от 1% годовых на разные виды программ [21]. В региональных фондах заем составляет до 50 млн руб. на небольшие проекты. Но производители сельскохозяйственной техники и оборудования пока мало используют эту программу для увеличения выпуска такой техники. В Федеральном бюджете на 2024 год был заложен объем финансирования этого вида поддержки в размере 16,29 млрд рублей.

Кроме того, в соответствии с Постановлением Правительства России от 27 декабря 2012 г. №1432 производителям сельскохозяйственной техники и оборудования, включенным в реестр получателей субсидии, предоставляются субсидии в размере не более 70% лимитов бюджетных обязательств, доведенных в установленном порядке до Минпромторга России, которые покрывают их финансовые потери при продаже такой техники и оборудования сельскохозяйственным товаропроизводителям по ценам, учитывающим официально установленные размеры скидок для покупателей, которые утверждены этим же постановлением. На эти цели в Федеральном бюджете на 2024 год было выделено на финансирование программы поддержки про-

изготовителей сельскохозяйственной техники 8 млрд руб. На эту программу выделено дополнительно 2,2 млрд руб. за счет средств экономии, которые изыскали в бюджете Минпромторга России, что позволит сельскохозяйственным организациям приобрести на льготных условиях около 2,7 тыс. ед. техники» [22]. На Агротехническом Форуме, состоявшемся 7 октября 2024 года, Президент Ассоциации «Росспецмаш» К.А. Бабкин в своем докладе подчеркнул, что в целях развития сельхозмашиностроения требуется предоставлять производителям сельскохозяйственной техники и оборудования, в том числе и для овощеводства, ежегодно в течение периода 2025-2027 годов на реализацию данной программы из федерального бюджета в размере не менее 20 млрд руб. и предоставления субсидий в виде грантов на развитие выпуска комплектующих с объемом финансирования из федерального бюджета в размере не менее 10 млрд руб [22].

Постановлением Правительства России от 4 ноября 2023 г. №1862 увеличен размер скидки для сельскохозяйственных товаропроизводителей ДФО при приобретении техники и оборудования с 15 до 20%. Устанавливается размер субсидируемой скидки на эти цели для ДНР, ЛНР, Херсонской и Запорожской областей в размере 15%. Такой же размер скидки продолжит действовать для Калининградской области, Республики Крым и СФО, а для всех остальных регионов страны – 10%.

Осуществление программы субсидирования производителей сельскохозяйственной техники и оборудования (принятой Постановлением Правительства России от 27 декабря 2012 г. №1432) предполагает также параллельное выполнение программ предоставления льготных кредитов на приобретение сельскохозяйственными организациями техники и оборудования (Постановление Правительства России от 29 декабря 2016 г. №1528) и льготного лизинга такой техники и оборудования (Постановление Правительства России от 31 августа 2019 г. №1135). Одной из наиболее используемых мер государственной поддержки технико-технологической модернизации производства овощных культур является льготное кредитование (Постановление Правительства России от 29 декабря 2016 г. №1528), важнейшим направлением финансирования которого в настоящее время является инвестиционное кредитование. Величина скидок для покупателей техники и оборудования установлена Постановлением Правительства России от 29 декабря 2016 г. №1528. До резкого повышения величины ключевой ставки ЦБ России льготные инвестиционные кредиты предоставлялись по льготной ставке не менее 1% годовых и не более 5% годовых от величины ключевой ставки ЦБ России, действующей на дату заключения кредитного договора на реализацию инвестиционных проектов. При значении ключевой ставки ЦБ России 16% годовых, которая по данным ЦБ России с 28 октября 2024 года выросла еще на 5 п.п. (до 21%), для чувствительных направлений, в которые входят семеноводство, кредиты будут выдаваться по ставке до 6,8%, а для прочих направлений (в том числе техника и оборудование) она составит до 10 процентов. В Федеральном бюджете на 2024 год было выделено на финансирование программы льготного кредитования 227,65 млрд руб. В соответствии с Распоряжением Правительство России от 18.10.2024 г. № 2914-р в 2024 году на программу льготного кредитования будет дополнительно выделено 17,4 млрд руб., что позволит сохранить возможность кредитования со ставкой до 3% по инвестиционным займам [23]. Кроме того,

Правительство России выделит дополнительно более 30 млрд руб. на субсидирование льготной программы кредитования сельскохозяйственных организаций для оплаты принятых обязательств по ранее выданным кредитам, что позволит профинансировать не менее 50 тыс. займов, уже полученных этими организациями [24]. Также одним из основных видов государственной поддержки технико-технологической модернизации производства продукции овощеводства является льготный лизинг сельскохозяйственной техники и оборудования. На федеральном уровне этим занимается в основном АО «Росагролизинг». В соответствии с Постановлением Правительства России от 31 августа 2019 г. №1135, льготный лизинг предоставляется индивидуальным предпринимателям или юридическим лицам, заключившим договор финансовой аренды (лизинга) на следующих условиях: авансовый платеж – от 0%, срок договора лизинга – до 8 лет, одобрение заявки – за 1 день, удорожание техники – от 3% в год, гарантийное обеспечение договора лизинга не требуется. Условия распространяются на продукцию всех отечественных производителей сельскохозяйственной техники и оборудования, а также на зарубежную сельхозтехнику и оборудование, не выпускаемую в России. В соответствии с Распоряжением Правительства России от 3 марта 2024 г. №1089-р АО «Росагролизинг» на обслуживание льготных договоров лизинга сельскохозяйственной техники и оборудование в этом году из федерального бюджета будет дополнительно направлено 1 млрд рублей [25]. Следует отметить, что с 2014 года действует льготная программа поставки техники и оборудования АО «Росагролизинг» для членов Ассоциации крестьянских (фермерских) хозяйств России и сельскохозяйственных кооперативов (АККОР). Члены АККОР получают технику и оборудование на льготных условиях: авансовый платеж – от 0%, удорожание – от 3%, без первоначального взноса, без залога и поручителей, с отсрочкой по оплате основного долга на срок до 6 месяцев, срок лизинга – до 7 лет. Начиная с 2019 года АО Росагролизинг» заключило соглашение о сотрудничестве с Национальным союзом селекционеров и семеноводов (НССиС) с целью оказания дополнительной поддержки занимающихся такой деятельностью сельскохозяйственных организаций. В соответствии с этим соглашением АО «Росагролизинг» предприятия-члены НССиС могут приобрести в лизинг сельскохозяйственную технику, включенную в номенклатуру компании, на специальных условиях: авансовый платеж от 0%; специальный каталог техники и оборудования по доработке семян; сезонный график платежей, индивидуально разработанный для организаций, занимающихся семеноводческой деятельностью. В Федеральном бюджете на 2024 год было выделено субсидии АО «Росагролизинг» на возмещение недополученных доходов при уплате лизингополучателем лизинговых платежей по договорам лизинга 7,3 млрд руб. В 2024 года АО «Росагролизинг» не менял условия льготного лизинга, несмотря на повышение ключевой ставки ЦБ России до 21%, потому что удорожание в рамках основной льготной программы не привязано к данной ставке, и АО Росагролизинг» реализует её преимущественно собственным капиталом. Кроме того, в соответствии с Постановлением Правительства России от 03.06.2020 №811, размер субсидии на возмещение потерь в доходах российской лизинговой организации при предоставлении лизингополучателю скидки по уплате авансового платежа по договорам лизинга специализированной техники и оборудо-

вания в определенном финансовом году не может превышать 30% лимитов бюджетных обязательств, доведенных в установленном порядке до Минпромторга России как получателя средств федерального бюджета на соответствующий финансовый год. На эти цели в Федеральном бюджете на 2024 год было выделено на данный вид государственной поддержки 3,3 млрд руб. [26].

Государственная поддержка технико-технологической модернизации производства овощных культур существует и на региональном уровне. Так, государственная поддержка технико-технологической модернизации производства овощных культур осуществляется в Алтайском, Забайкальском, Краснодарском, Красноярском, Пермском и Хабаровском краях, Амурской, Белгородской, Воронежской, Ивановской, Иркутской, Калининградской, Московской, Нижегородской, Новгородской, Новосибирской, Оренбургской, Рязанской, Сахалинской, Свердловской, Тверской, Тюменской, Ульяновской и Ярославской областях, Республиках Адыгея, Алтай, Башкортостан, Саха (Якутия) и Татарстан, Чеченской и Чувашской Республиках осуществляется в виде предоставления субсидий на возмещение части затрат на приобретение техники и оборудования для растениеводства, в том числе по договорам лизинга. В большинстве этих регионов заключаются соглашения о скидках для сельскохозяйственных организаций с основными производителями сельхозтехники из России и Республики Беларусь при её приобретении. В Иркутской области, Краснодарском и Красноярском краях, Республике Башкортостан предоставляется компенсация затрат на капитальный ремонт тракторов; а в Рязанской области – возмещение части затрат на оснащение техникой организаций, оказывающих услуги небольшим хозяйствам по проведению агротехнических работ. Повышать технико-технологическое обеспечение производства овощных культур позволяет стимулирование увеличения производства овощей в регионах России. Например, в Воронежской области предоставляются субсидии сельскохозяйственным организациям на возмещение части затрат на обеспечение прироста производства овощей открытого грунта, а в Рязанской и Тверской областях, Республике Марий Эл, Красноярском и Ставропольском краях – на поддержку производства овощей открытого грунта. В Амурской, Архангельской области, Забайкальском, Краснодарском и Пермском краях, Кабардино-Балкарской и Удмуртской Республиках, Владимирской, Липецкой, Кемеровской, Костромской, Пензенской, Псковской, Свердловской, Томской, Тульской, Ульяновской и Челябинской областях, Республиках Адыгея, Башкортостан, Дагестан, Ингушетия и Тыва предоставляются субсидии на стимулирование увеличения производства овощей [27, 28, 29]. Также в Республике Алтай сельскохозяйственным товаропроизводителям предоставляются субсидии на развитие семенного овощеводства, в том числе и на создание и реконструкцию овощехранилищ и проведение агротехнологических работ, по ставке на 1 га посевной площади, занятой овощными культурами открытого грунта. В Ставропольском крае в 2024 году введены долгосрочные налоговые льготы для производителей семенного материала в регионе, а также внедряется практика возмещения сельскохозяйственным организациям части затрат на производство и приобретение семян отечественной селекции [30]. В Республике Адыгея компания «Русид» при поддержке Минсельхоза России создаст инно-

вационный агробиотехнопарк «Гиагинский» в 2025 году, который будет разрабатывать и внедрять передовые технологии в области селекции и станет технологической платформой для инновационного развития селекции и семеноводства. Инвестиции в проект из разных источников превысят 1 млрд руб. [31]. Подобная поддержка семеноводства существует и в Республике Дагестан.

Заключение

В результате проведенного анализа и экспертной оценки состояния технико-технологической модернизации производства овощных культур в России рассмотрено и проанализировано современное состояние производства овощных культур и его обеспечения соответствующей техникой и оборудованием. Определены основные виды сельскохозяйственной техники и оборудования, используемые в производстве продукции овощеводства в настоящее время, а также отечественные производители данных видов техники и оборудования. Проведен анализ зависимости российского рынка сельскохозяйственной техники и оборудования от поставок из-за рубежа. Обоснованы необходимость цифровизации производства продукции овощеводства и увеличения производства необходимой для овощеводства техники и оборудования на отечественных предприятиях. Проведен анализ изменения себестоимости производства и реализации овощной продукции за период 2018-2022 годов, который показал, что её повышение обусловлено в первую очередь увеличением затрат на импортозависимые компоненты (в том числе технику и оборудование), а также на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, минеральные и органические удобрения, покупную энергию всех видов и топливо, содержание основных средств, затраты на страхование и прочие расходы.

Для повышения технико-технологической модернизации производства овощных культур в России необходима государственная поддержка отечественных производителей соответствующей сельскохозяйственной техники и оборудования, а также соответствующих сельскохозяйственных товаропроизводителей овощных культур. Поэтому были рассмотрены действующие виды поддержки развития производства техники и оборудования для овощеводства и механизации производства продукции овощеводства, в том числе необходимых для цифровизации этой подотрасли растениеводства. В результате изучения существующей государственной поддержки отечественных производителей соответствующей техники и оборудования были выводы о необходимости совершенствования таких видов поддержки, как стимулирование проведения НИОКР, направленных на разработку и внедрение в производство машин и оборудования, применяемых в овощеводческих хозяйствах, а также на увеличение объемов производства техники и оборудования для овощеводства. Например, необходимо использовать такие виды поддержки проведения НИОКР, как компенсация части затрат на разработку и организацию производства новых видов продукции сельскохозяйственного машиностроения и модернизацию линейки такой продукции и предоставления субсидий из федерального бюджета на финансовое обеспечение затрат на проведение НИОКР по современным технологиям в рамках реализации инновационных проектов. Кроме этого следует активно использовать механизм получения налоговых преференций за расходы при проведении НИОКР и распространить льготы по страховым взносам и налогам, установленные ранее для ИТ-

компаний, на организации, занимающиеся разработкой и производством техники и оборудования, предназначенных для цифровизации овощеводства. Также для расширения производственных мощностей и создания новых цехов надо активно использовать такой инструмент как Фонд развития промышленности (включая федеральный и региональный). Кроме того, производителям сельскохозяйственной техники и оборудования предоставляются субсидии для покрытия их финансовых потерь при её продаже сельскохозяйственным товаропроизводителям по льготным ценам. Наиболее часто используемой мерой государственной поддержки обеспечения производителей овощных культур сельскохозяйственной техникой и оборудованием является льготное кредитование, важнейшим направлением которого в настоящее время является инвестиционное кредитование. Также одним из основных видов такой государственной поддержки является льготный лизинг сельскохозяйственной техники и оборудования. Кроме этого лизингополучатели могут получать скидки по уплате авансового платежа по договорам лизинга специализированной техники и оборудования.

На региональном уровне также существует государственная поддержка производителей овощных культур сельскохозяйственной техникой и оборудованием. Государственная поддержка модернизации производства продукции овощеводства, которая производится в 31

регионе России. В большинстве этих регионов заключаются соглашения о скидках для сельскохозяйственных организаций с основными отечественными производителями сельскохозяйственной техники при её приобретении, а в некоторых регионах предоставляется компенсация затрат на капитальный ремонт тракторов и возмещение части затрат на оснащение техникой организаций, оказывающих услуги небольшим хозяйствам по проведению агротехнических работ. Также стимулирование увеличения производства овощей во многих регионах России позволяет повышать технико-технологическое обеспечение производства овощных культур. Кроме того, можно отметить предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям Республики Алтай на развитие семенного овощеводства (в т.ч. на создание и реконструкцию овощехранилищ, проведение агротехнологических работ). В Ставропольском крае планируется ввести долгосрочные налоговые льготы для производителей семенного материала. Имеет большое значение создание инфраструктуры, которая обеспечит кооперацию бизнеса, науки и образования, а также станет платформой для внедрения разработок в области селекции. Примером может послужить опыт Республики Адыгея и Республики Дагестан по разработке и внедрению передовых технологий в области селекции овощных культур.

• Литература

1. Рязжова С.М., Кручинина В.М. Перспективы развития семенного сектора в России с учетом опыта Турции. *Экономические системы*. 2024;17(2(65)):150-171. <https://doi.org/10.29030/2309-2076-2024-17-2-150-171> <https://elibrary.ru/gxqvlr>
2. Аварский Н.Д. Совершенствование селекционно-семеноводческой системы России в условиях санкционного давления. Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях: Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-24 октября 2024 года. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024.
3. Алексеев К.И., Мельников А.Б., Новоселов Э.А. и др. Современное состояние технико-технологического обеспечения селекции и семеноводства овощных культур и картофеля. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;7(113):43-55. <https://doi.org/10.33938/247-43> <https://elibrary.ru/AJFFJT>
4. Овощеводство России: итоги 2022 года. Картофель и овощи. URL: <http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2023/05/Овощеводство-России.pdf> (дата обращения: 15.11.2024)
5. Постановление Правительства России от 30 сентября 2023 г. № 1614 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы». ООО «НПП «Гарант-Сервис»: сайт. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407687870/> (дата обращения: 29.05.2024).
6. Таран В.В., Алпатов А.В., Александров И.А. и др. Методические подходы к расчету потребности в основных видах сельскохозяйственной техники для сельского хозяйства. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;9(115):73-81. <https://doi.org/10.33938/249-73> <https://elibrary.ru/fvnizz>
7. Алексеев К.И., Мельников А.Б., Новоселов Э.А. и др. Современное состояние машинно-тракторного парка производителей овощных культур в России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;1(107):112-121. <https://doi.org/10.33938/241-112> <https://elibrary.ru/ynaeeo>
8. Аксенов А.Г., Сибирев А.В. Состояние технического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации. *Картофель и овощи*. 2021;(8)3-8. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.85.47.001> <https://www.elibrary.ru/lohulj>
9. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Сибирев А.В. Современное состояние технологического обеспечения производства овощных культур в Российской Федерации. *Овощи России*. 2023;(5):5-17. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-5-17> <https://elibrary.ru/cylubg>
10. Алексеев К.И., Александров И.С., Ставцев А.Н. и др. Проблемы развития производства сельскохозяйственной техники в России в условиях санкционного давления. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;3(109):109-119. <https://doi.org/10.33938/243-109> <https://elibrary.ru/wnwfxd>
11. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Голубев В.В. и др. Машины и оборудование для селекции и семеноводства овощных культур: кат. ФГБНУ «Росинформагротех». Московская обл., тип. ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 88 с.
12. Аварский Н.Д., Таран В.В., Гасанова Х.Н. Актуальные вопросы материально-

- технического обеспечения агропродовольственного сектора России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;3(109):96-108. <https://doi.org/10.33938/243-96> <https://elibrary.ru/ftprzw>
13. Аварский Н.Д., Таран В.В., Гасанова Х.Н. и др. Проблемы технической модернизации сельскохозяйственных товаропроизводителей и их реализация на современном этапе. *АПК: экономика, управление*. 2023;(3):85-96. <https://doi.org/10.33305/233-85> <https://elibrary.ru/dsjogg>
 14. Аварский Н.Д., Алпатов А.В., Сидоренко С.В. Технико-технологическое обеспечение сельского хозяйства, основа продовольственной безопасности России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;8(114):58-75. <https://doi.org/10.33938/248-58> <https://elibrary.ru/shfire>
 15. Рязжова С.М., Кручинина В.М. Использование опыта Франции в снабжении техникой сельскохозяйственных организаций для отечественной практики. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;1(107):122-132. <https://doi.org/10.33938/241-122> <https://elibrary.ru/tupifg>
 16. Алексеев К.И., Ставцев А.Н., Силко Е.А. Применение цифровых технологий при производстве продукции в подотраслях растениеводства. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;4(110):78-90. <https://doi.org/10.33938/244-78> <https://elibrary.ru/fdncng>
 17. Ставцев А.Н. Сравнительная оценка материально-технического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в союзном государстве. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;7(113):68-75. <https://doi.org/10.33938/247-68> <https://elibrary.ru/mjjgim>
 18. Силко Е.А., Дугуниев Е.Г., Мордовина Е.Г. и др. Состояние и перспективы государственной поддержки материально-технической базы овощеводства в России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;1(107):133-141. <https://doi.org/10.33938/241-133> <https://elibrary.ru/sjujij>
 19. Федеральный закон от 27 ноября 2023 г. № 540-ФЗ «О федеральном бюджете на 2024 год и на плановый период 2025 и 2026 годов». ООО «НПП «Гарант-Сервис»: сайт. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407979281/>. (дата обращения: 14.10.2024).
 20. Постановление от 21 декабря 2023 года № 2235. Правительство России: офиц. сайт. – URL: <http://government.ru/news/50497/> Дата публикации: 24.12.2023.
 21. Хашир А.А. Методические подходы к прогнозированию развития материально-технической базы АПК. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;2(108):37-44. <https://doi.org/10.33938/242-37> <https://elibrary.ru/dzxxgre>
 22. В России нет дефицита предложения сельхозтехники, есть дефицит спроса на неё – СМИ. Ассоциация «Росспецмаш»: офиц. сайт. URL: <https://rosspetsmash.ru/novosti-assotsiatsii-rosspetsmash/5625-v-rossii-net-defitsitaselkhoztekhniki-est-defitsit-sprosa-na-nejo-smi>. Дата публикации: 30.10.2024.
 23. Правительство выделит дополнительно более 17 млрд рублей на предоставление льготных кредитов аграриям. Правительство России: офиц. сайт. URL: http://government.ru/dep_news/53051/ Дата публикации: 19.10.2024.
 24. Правительство выделит дополнительно свыше 30 млрд рублей на субсидирование льготной программы кредитования сельхозпроизводителей. Telegram-

канал Правительства России: офиц. сайт. URL: http://https://t.me/government_rus/16611. Дата публикации: 07.11.2024.

25. Правительство направит 1 млрд рублей на обслуживание льготных договоров лизинга сельхозтехники. Правительство России: офиц. сайт. URL: <http://government.ru/docs/51533/> Дата публикации: 04.05.2024.

26. В Росагролизинге рассчитали рентабельность мер господдержки для АПК // АО «Росагролизинг»: офиц. сайт. URL: <https://www.rosagroleasing.ru/company/smi/news/4624/?ysclid=lyfkm1w2vy680593805>. Дата публикации: 19.02.2024.

27. Новости регионов. Минсельхоз России: офиц. сайт. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/> (дата обращения: 15.11.2024).

28. Мониторинг законодательства. Региональные. ООО «НПП «Гарант-Сервис»: сайт. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/region> (дата обращения: 15.11.2024).

29. Региональные органы АПК. Минсельхоз России: офиц. сайт. URL: <http://mcx.ru/organs-ark/> (дата обращения: 15.11.2024).

30. Налоговые льготы введут для производителей семян на Ставрополье. *Крестьянские ведомости*. URL: <https://kvedomosti.ru/?p=1156442>. Дата публикации: 23.05.2024.

31. Агробiotехнопарк для импортозамещения в семеноводстве запустят в Адыгее в 2025 г. *Крестьянские ведомости*: сайт. URL: <https://kvedomosti.ru/?p=1157983>. Дата публикации: 24.06.2024.

• References

1. Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M. Prospects for the development of the seed sector in russia, taken into account the experience of Turkey. *Economic systems*. 2024;17,2(65):150-171. (In Russ.) <https://doi.org/10.29030/2309-2076-2024-17-2-150-171> <https://elibrary.ru/gxqvlr>

2. Avarskii N.D. Improvement of the selection and seed production system of Russia in the context of sanctions pressure. Management of innovative development of agro-food systems at the national and regional levels: Proceedings of the international scientific and practical conference, Voronezh, October 23-24, 2024. Voronezh: Voronezh SAU, 2024. (In Russ.)

3. Alekseev K.I., Melnikov A.B., Novoselov E.A., Silko E.A. The current state of technical and technological support for breeding and seed production of vegetable crops and potatoes. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;7(113):43-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/247-43> <https://elibrary.ru/AJFFTJ>

4. Vegetable growing in Russia: results of 2022. Potatoes and vegetables. URL: <http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2023/05/Овощеводство-России.pdf> (date of access: 15.11.2024)

5. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 30, 2023 No. 1614 "On Amendments to the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030". OOO NPP Garant-Service: website. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407687870/> (date of access: 29.05.2024).

6. Taran V.V., Alpatov A.V., Alexandrov I.A., Gasanova Kh.N., Novoselov E.A., Stavtsev A.N. Methodological approaches to calculating the need for basic types of agricultural machinery for agriculture. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;9(115):73-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/249-73> <https://elibrary.ru/fvnizz>

7. Alekseev K.I., Melnikov A.B., Novoselov E.A., Lankin A.S. The current state of the machine and tractor fleet of vegetable crop producers in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;1(107):112-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/241-112> <https://elibrary.ru/ynaeeo>

8. Aksenov A.G., Sibirev A.V. State of technical support for vegetable crops production in the Russian Federation. *Potato and vegetables*. 2021;(8)3-8. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.85.47.001> <https://www.elibrary.ru/lohulj>

9. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S., Sibirev A.V. The current state of technological support for vegetable crops production in the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(5):5-17. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-5-17> <https://elibrary.ru/cylubg>

10. Alekseev K.I., Aleksandrov I.A., Stavtsev A.N., Silko E.A. Problems of development of agricultural machinery production in Russia under the conditions of sanctions pressure. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;3(109):109-119. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/243-109> <https://elibrary.ru/wnwfxd>

11. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Golubev V.V., et al. Machines and equipment for breeding and seed production of vegetable crops. M., 2021. 88 p. (In Russ.)

12. Avarskii N.D., Taran V.V., Gasanova Kh.N. Current issues of material and technical

supporting the agri-food sector in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;3(109):96-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/243-96> <https://elibrary.ru/ftprzw>

13. Avarskii N.D., Taran V.V., Gasanova Kh.N., Stavtsev A.N. Problems of technical modernization of agricultural producers and their implementation at the current stage. *AIC: economics, management*. 2023;(3):85-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/233-85> <https://elibrary.ru/dsjogg>

14. Avarskii N.D., Alpatov A.V., Sidorenko S.V., Braginets Yu.N., Overchuk L.A. Technical and technological support of agriculture, the basis of food security in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;8(114):58-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/248-58> <https://elibrary.ru/shfire>

15. Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M. Using france's experience in supplying agricultural organizations with equipment for domestic practice. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;1(107):122-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/241-122> <https://elibrary.ru/tupifg>

16. Alekseev K.I., Stavtsev A.N., Silko E.A. Application of digital technologies in the production of products in cropping sub-indectors. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;4(110):78-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/244-78> <https://elibrary.ru/fdncng>

17. Stavtsev A.N. Comparative assessment of the material and technical support for the production of agricultural products, raw materials and food in the Union State. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;7(113):68-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/247-68> <https://elibrary.ru/mjigim>

18. Silko E.A., Duguniev E.G., Duguniev A.G., Mordovina E.G. State and prospects of state support of material and technical base of vegetable growing in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;1(107):133-141. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/241-133> <https://elibrary.ru/sjujij>

19. Federal Law of November 27, 2023 No. 540-FZ "On the federal budget for 2024 and for the planning period of 2025 and 2026". OOO NPP Garant-Service: website. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407979281/>. (date of access: 14.10.2024).

20. Resolution of December 21, 2023 No. 2235. Government of Russia: official website. – URL: <http://government.ru/news/50497>. Publication date: 24.12.2023.

21. Khashir A.A. Methodological approaches to forecasting the development of the material and technical base of the Agro-Industrial Complex. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;2(108):37-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/242-37> <https://elibrary.ru/dzxcgr>

22. There is no shortage of agricultural machinery supply in Russia, there is a shortage of demand for it – media. Association "Rosspetsmash: official website. URL: <https://rosspetsmash.ru/novosti-assotsiatsii-rosspetsmash/5625-v-rossii-net-defitsita-selkhoztekhniki-est-defitsit-sprosa-na-nej-smi>. Publication date: 30.10.2024.

23. The government will allocate an additional 17 billion rubles to provide preferential loans to farmers. Government of Russia: official website. URL: http://government.ru/dep_news/53051. Publication date: 19.10.2024.

24. The government will allocate an additional 30 billion rubles to subsidize the preferential lending program for agricultural producers. Telegram channel of the Government of Russia: official website. URL: https://t.me/government_rus/16611. Publication date: 07.11.2024.

25. The government will allocate 1 billion rubles to servicing preferential leasing agreements for agricultural machinery. Government of Russia: official website. URL: <http://government.ru/docs/51533/> Publication date: 04.05.2024.

26. Rosagroleasing calculated the profitability of government support measures for the agro-industrial complex // JSC Rosagroleasing: official website. URL: <https://www.rosagroleasing.ru/company/smi/news/4624/?ysclid=lyfkm1w2vy680593805> Publication date: 19.02.2024.

27. Regional news. Ministry of Agriculture of Russia: official website. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/> (date of access: 11/15/2024).

28. Monitoring of legislation. Regional. OOO NPP Garant-Service: website. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/region> (date of access: 11/15/2024).

29. Regional bodies of the agro-industrial complex. Ministry of Agriculture of the Russian Federation: official website. URL: <http://mcx.ru/organs-ark/> (date of access: 15.11.2024).

30. Tax breaks to be introduced for seed producers in Stavropol. *Krestyanskie Vedomosti*. URL: <https://kvedomosti.ru/?p=1156442>. Publication date: 05/23/2024.

31. An agrobiotechnopark for import substitution in seed production will be launched in Aдыгее in 2025. *Krestyanskie Vedomosti*: website. URL: <https://kvedomosti.ru/?p=1157983>. Publication date: 06/24/2024.

Об авторах:

Алексей Васильевич Солдатенко – доктор с.-х. наук, академик РАН, главный научный сотрудник, SPIN-код: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>, alex-soldat@mail.ru

Наби Далгатович Аварский – доктор экон. наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3189-1179>, SPIN-код: 8292-0882, автор для переписки, science@vniiesh.ru

About the Authors:

Alexey V. Soldatenko – Dr. (Agriculture), academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, SPIN-code: 7900-4819, <https://orcid.org/0000-0002-9492-6845>, alex-soldat@mail.ru

Nabi D. Avarskii – Dr. Sci. (Econ.), Corresponding Member of the RAS, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3189-1179>, SPIN-code: 8292-0882, Correspondence Author, science@vniiesh.ru

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-102-107>
УДК: 635.21:664.22

И. В. Ким*, Д. И. Волков, А. Г. Клыков

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»
692539, Россия, Приморский край, г. Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

*Автор для переписки: kimira-80@mail.ru

Вклад авторов: И.В. Ким: концептуализация; курирование данных; написание-рецензирование и редактирование рукописи. Д.И. Волков: разработка методологии исследования, работа с программным обеспечением; визуализация, проведение исследования; написание — подготовка черновика рукописи. А.Г. Клыков: научное руководство исследованием.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ким И.В., Волков Д.И., Клыков А.Г. Исследование морфологических структур крахмальных гранул в клетке картофеля (*Solanum tuberosum* L.) методом лазерной сканирующей конфокальной микроскопии. *Овощи России*. 2025;(1):102-107. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-102-107>

Поступила в редакцию: 10.10.2024

Принята к печати: 18.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Irina V. Kim*, Dmitry I. Volkov, Aleksei G. Klykov

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki
30, Volozhenina st., Timiryazevsky stl., Ussuriysk, Primorsky kray, 692539, Russia

*Correspondence Author: kimira-80@mail.ru

Authors' Contribution: I.V. Kim: conceptualization, data curation, writing of the draft of the manuscript; editing of the manuscript. D.I. Volkov: the development of the research methodology, work with the software; visualization, the conducting of the research; the writing-reviewing. A.G. Klykov: supervision.

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

For citation: Kim I.V., Volkov D.I., Klykov A.G. Studying the morphological structures of starch granules in potato cells (*Solanum tuberosum* L.) by the method of confocal laser scanning microscopy. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):102-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-102-107>

Received: 10.10.2024

Accepted for publication: 18.12.2024

Published: 28.12.2024

Исследование морфологических структур крахмальных гранул в клетке картофеля (*Solanum tuberosum* L.) методом лазерной сканирующей конфокальной микроскопии

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Картофель является одним из основных источников крахмала. Картофельный крахмал широко используется в хозяйственной деятельности человека. Его содержание в клубнях, в том числе количество крахмальных гранул и их размер и величина, в большей степени сортовой признак. В связи с этим крайне важно на начальных этапах селекции выделить сорта с показателями крахмальных зёрен, пригодных для получения крахмала.

Материал и методы. Цель исследования – изучить морфологическую структуру крахмальных гранул в клетке клубней сортов картофеля различных групп спелости. Объектом исследований служили 18 сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) различного происхождения и групп спелости. Гранулометрический состав определяли методом флуоресцентной микроскопии. Исследования проводили с помощью конфокального лазерного сканирующего микроскопа CLSM 800 (Zeiss, Германия) с длиной волны возбуждающего лазера 488 нм.

Результаты. Получены новые данные о морфологии крахмальных гранул в клетке, имеющих различную форму: округлую, овальную, удлинённую и неправильную. Установлена прямая связь между количеством крупных крахмальных зёрен в клетке и сроком созревания генотипа. Показано, что сорта из среднеспелой и среднепоздней групп созревания более крахмалистые, чем сортообразцы из более ранних групп спелости. В среднем отличие по содержанию крахмала между этими группами составило 1.97 %. Наибольшее количество крахмальных зёрен выявлено в клетке размером 40-70 мкм и более. Выделены генотипы *Solanum tuberosum* L. с крупными и мелкими крахмальными гранулами, которые рекомендуются использовать в практической селекции при создании сортов с высоким качеством.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Solanum tuberosum L., картофель, крахмал, морфология, гранула, клетка

Studying the morphological structures of starch granules in potato cells (*Solanum tuberosum* L.) using the method of confocal laser scanning microscopy

ABSTRACT

Relevance. Potato are one of the main sources of starch. Potato starch is widely used in human economic activities. The starch content in tubers, including the number of starch granules and their size and shape, are varietal characteristics. For this reason, it is important to identify potato varieties with starch grains suitable for starch production already at the early stages of breeding process.

Materials and Methods. The Aim was to study the morphological structure of starch granules in cells of potato tubers belonging to varieties from different maturity groups. Eighteen potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) of various breeding origin and from different maturity groups were used as the research object. The granulometric composition was determined by the method of fluorescent microscopy. The research was conducted using a CLSM 800 confocal laser scanning microscope (Zeiss, Germany) with a laser wavelength of 488 nm.

Results. The research allowed us to obtain data on the morphology of variously-shaped starch granules in cells: round, oval, elongated, and irregular. The research established a direct correlation between the number of large starch grains in a cell and the time required for a given potato genotype to mature. Mid-season and medium late potato varieties were observed to have a higher starch content than varieties from the groups with earlier maturity. On average, the difference in the starch content between these groups was 1.97%. The highest number of starch grains was found in 40-70 μm cells and larger. The research identified *Solanum tuberosum* L. genotypes with large and small starch granules. These genotypes might be recommended for further use in the practical breeding to create high-quality varieties.

KEYWORDS:

Solanum tuberosum L., potato, starch, morphology, granules, cell

Введение

Крахмал – природный полисахарид, который обладает рядом ценных свойств и является одним из основных источников пищи для человека. Ресурсами для его получения служат многие сельскохозяйственные культуры: картофель, кукуруза, рожь, пшеница, маниока, горох, рис [1]. Крахмал накапливается в семенах, корневищах, корнях и клубнях в виде полукристаллических гранул [2].

Картофель является одним из основных источников крахмала. Картофельный крахмал широко используется в хозяйственной деятельности человека [3, 4]. В последние годы внимание отечественных и зарубежных ученых привлекают уникальные свойства крахмала как природного полимера, в плане производства на его основе самых разнообразных продуктов [5-7].

Основными компонентами крахмальных гранул являются два полиглюкана: амилоза и амилопектин [2, 8]. Каждый, из которых представляет собой гомополимер, образованный из одинаковых мономерных звеньев (остатков глюкозы), с общей формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$. Молекулярный состав и строение, а также супрамолекулярная организация этих молекул регулируются генами биосинтеза крахмала через соответствующие белки и, следовательно, могут рассматриваться как фенотипические признаки и объекты селекции. Сочетание определенных вариантов таких генов позволяет запрограммировать растение картофеля на производство крахмала с заданной структурой и свойствами. Селекционное регулирование активности генов, ответственных за фосфорилирование и синтез полимерных цепей крахмала, а также ингибирование амилаз, может быть использовано для получения технических сортов картофеля с повышенным содержанием крахмала [9, 10].

Содержание крахмала в клубне зависит от ферментативных реакций, как синтеза, так и расщепления крахмала. Три основных стадии образования крахмала контролируются ферментами: АДФ-глюкозо-пирофорсфорилазой (AGPase), крахмалсинтазой (SS) и разветвляющим крахмал ферментом (SBE). Причем именно AGPase (кодируется геном *glgc-16*) катализирует реакцию, лимитирующую скорость биосинтеза крахмала [11].

Устойчивая ассоциация локусов с признаками и наличие ДНК-маркеров, тесно сцепленных с этими локусами, позволяет использовать полученные результаты для маркер-ориентированной селекции. В работах известных ученых показано, что однонуклеотидные замены в генах, кодирующих инвертазы *Pain1* и *InvCD141*, крахмалсинтазу *SSIV*, фактор транскрипции *StCDF1* и лейцин-аминопептидазу

LapN, ассоциированы с выходом клубней и крахмала и содержанием крахмала в клубне [12]. Форма гранул картофельного крахмала тесно связана с функцией генов. В работе Khlestkin V.K., Erst T.V., Rozanova I.V. et al в 2020 г. по общегеномному ассоциативному исследованию с использованием 22k SNP картофельного массива идентифицировано 53 новых SNP на хромосомах 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 11 и 12; эти SNP связаны с препаративным выходом клубневого крахмала и морфологией гранул крахмала [13]. Исследователи отметили, что существенные различия в морфологии гранул крахмала наблюдались между разными сортами картофеля. Таким образом, размер и форма крахмальных гранул является сортовым признаком [14].

Изученность морфологической характеристики крахмальных гранул у селекционных форм *Solanum tuberosum* L. существенно облегчает подбор родительских пар для скрещивания и планирование объемов селекционного материала при отборе гибридов с гранулами различного размера и формы. Однако, в настоящее время отсутствуют данные о морфологии гранул в клетке, что требует решения данной задачи.

Цель настоящего исследования состоит в изучении морфологических структур крахмальных гранул в клетке клубней сортов картофеля различных групп спелости.

Материалы и методы исследований

Морфологическая структура картофельного крахмала изучалась методом флуоресцентной микроскопии с применением конфокального лазерного сканирования (CLSM) [15], который включает в себя использование лазерных лучей для увеличения контрастности и разрешения изображения нежелательных плоскостей света. Метод CLSM является наиболее эффективным для изучения образцов тканей картофеля. Гранулы крахмала, клеточные стенки и белок были четко показаны при использовании метода CLSM [15]. Различные фокальные плоскости могут быть объединены для получения изображения, что позволяет просматривать различные поперечные сечения образца. Метод позволяет осуществлять оптическое секционирование гранул крахмал и устраняет необходимость в длительной обработке образцов, такой, как сушка, встраивание и сканирование, которые обычно требуются для сканирующей электронной микроскопии. Кроме того, CLSM полезен для понимания молекулярного содержания компонентов крахмала, поскольку он позволяет визуализировать связанные с гранулами крахмала белки, которые являются индикаторами участков, где происходит биосинтез амилозы [16]. С

применением метода конфокального лазерного сканирования изучены морфологические особенности крахмальных гранул у 18 сортов картофеля: ранне-спелые – Лена, Матушка, Огниво, Colette; средне-ранние – Василек, Солнышко, Цыганка Лора, Adretta; среднеспелые – Вектор, Очарование, Фрителла; среднепоздние – Ветразь, Зольский, Казачок, Мусинский, Sifra. Данные сорта ранее не были охарактеризованы по этому признаку.

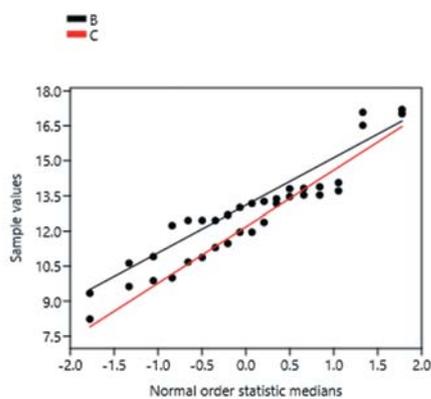
Полевые и лабораторные эксперименты проводили в ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, исследования морфологического состава гранул сортов в Дальневосточном федеральном университете в 2018-2023 гг. Содержание крахмала оценивали осенью (ноябрь) и весной (март) по общепринятой методике, основанной на определении удельной массы клубней [17]. Для этого использовали цифровые весы сухого вещества PW-2050 (Weltech, Великобритания), с точностью ±0.3 % и разрешением 0.01. У каждого образца взвешивали по 2 кг клубней. Сорта были разгруппированы по срокам созревания и содержанию крахмала в клубнях от низкого значения (9.34 %) до выше среднего (17.2 %).

В эксперименте у каждого сорта картофеля выбирали средний по величине клубень. По середине

клубня делали срез толщиной 1 см от одного края до противоположного таким образом, чтобы для анализа использовался сектор от края до края проходящий через центр клубня. Сектор нарезали на 4-5 кубиков, размером в 1 см и окрашивали их, погружая в 0.1% раствор акридинового оранжевого в 0.1 М фосфатном буфере (рН 7) в течение 5 минут. Затем кубики промывали дважды в течение 1 минуты в чистом 0.1 М фосфатном буфере с рН 7, и исследовали образец с помощью конфокального лазерного сканирующего микроскопа CLSM 800 (Zeiss, Германия) с объективом 10x. Использовали аргоновый лазер с длиной волны 488 нм для возбуждения флуоресценции, детектировали эмиссию в двух диапазонах, при 500-570 нм (зеленый) для обнаружения крахмальных гранул и флуоресценция клеточных стенок и белков эмиссия при 590-700 нм (оранжевый). У каждого образца сканировали не менее 30 участков. Для проверки достоверности полученных результатов использовали статистическую программу PAST v. 3.17.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате определения содержания крахмала в клубнях сортов выявлены отличия между ними по этому признаку (рис. 1).



Отклонение от средних значений, %

	B	C
N	18	18
Min	9,34	8,23
Max	17,2	17,02
Sum	235,83	219,32
Mean	13,10167	12,18444
Std. error	0,4518417	0,5373435
Variance	3,674897	5,197285
Stand. dev	1,917002	2,279755
Median	13,085	11,96
25 prcntil	12,405	10,51
75 prcntil	13,835	13,53
Skewness	0,5028496	0,5482985
Kurtosis	1,32848	0,3056446
Geom. mean	12,97094	11,98797
Coeff. var	14,63174	18,71038

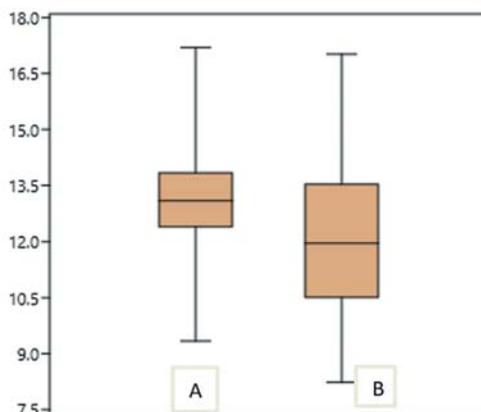
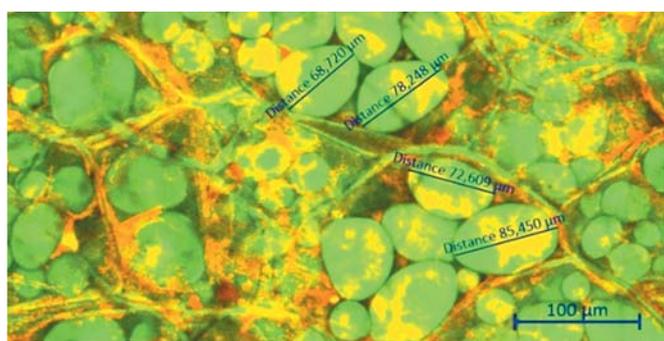


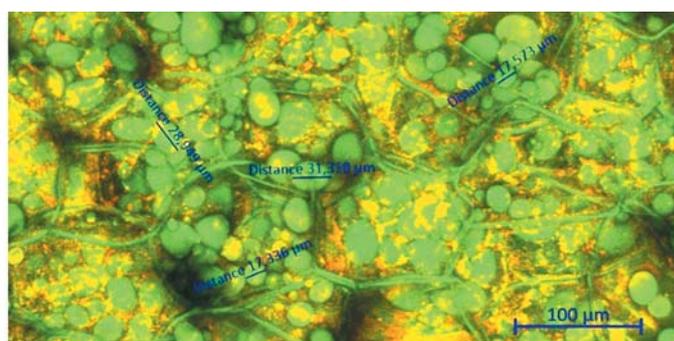
Рис. 1. Изменение содержания крахмала у генотипов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) различных групп спелости, 2018-2023 гг.): B – осень (ноябрь); C – весна (март)
Figure 1. Changes in the starch content depending on the potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) belonging to different maturity groups, 2018-2023): B – autumn (November); C - spring (March)

Таблица. Структура крахмальных гранул сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) по данным конфокального лазерного сканирования (CLSM), 2019-2023 гг.
Table. Structure of the starch granules of the studied potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) based on the results of confocal laser scanning microscopy (CLSM), 2019-2023.

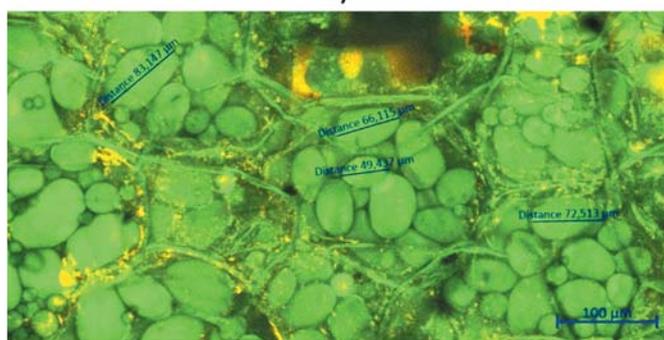
Сорт	Количество гранул в клетке в среднем, шт.	Количество гранул с размером, %			Пределы варьирования размера гранул в клетке, шт.		Соотношение крахмальных гранул разных форм в клетке, %			
		более 70 мкм	40-70 мкм	менее 40 мкм	min	max	округлая	овальная	удлиненная	неправильная
раннеспелые										
Матушка	9.7±0.2	2.3	35.3	62.4	11.9	88.0	43.6	31.5	6.2	18.7
Colette	10.6±0.2	0.0	26.6	73.4	6.8	66.5	50.3	34.1	11.0	4.6
Огниво	10.0±0.2	3.0	33.5	63.5	5.3	84.7	48.0	40.5	6.5	5.0
Антонина	8.5±0.1	0.6	31.2	68.2	5.9	72.1	47.7	34.7	12.9	4.7
среднеранние										
Adretta	9.5±0.2	4.4	32.3	63.3	6.5	108.9	47.7	33.7	8.8	9.8
Лена	12.1±0.2	2.1	36.2	61.7	9.1	87.5	50.0	25.4	12.1	12.5
Солнышко	9.0±0.2	2.8	27.6	69.6	9.0	84.0	30.9	37.6	20.9	10.6
Василек	9.5±0.2	3.5	33.9	62.6	15.7	82.9	23.9	52.6	10.3	13.2
Лилея	10.8±0.2	0.0	34.0	66.0	7.1	67.8	38.1	48.4	10.2	3.3
среднеспелая										
Цыганка Лора	7.2±0.1	15.1	54.7	30.2	14.7	82.4	35.4	35.4	20.3	8.9
Фрителла	7.5±0.1	8.7	54.7	36.6	15.8	82.9	24.8	39.0	24.5	12.7
Очарование	7.7±0.1	9.4	72.7	16.8	17.4	88.9	24.9	37.9	23.5	13.7
Вектор	7.5±0.1	0.4	74.0	25.6	9.5	71.4	53.4	36.2	5.0	5.4
среднепоздняя										
Ветразь	6.9±0.1	14.7	50.0	35.3	11.2	84.6	34.7	36.8	16.1	12.4
Мусинский	6.2±0.1	12.2	52.8	35.0	13.4	84.6	35.8	27.7	4.9	31.6
Зольский	7.1±0.1	40.1	59.9	0.0	10.7	65.3	42.1	34.2	15.0	8.7
Казачок	6.8±0.1	12.4	56.9	30.7	10.3	90.7	42.1	27.2	16.1	14.6
Sifra	12.1±0.2	20.2	43.8	36.0	9.7	26.4	48.8	12.8	12.0	26.4



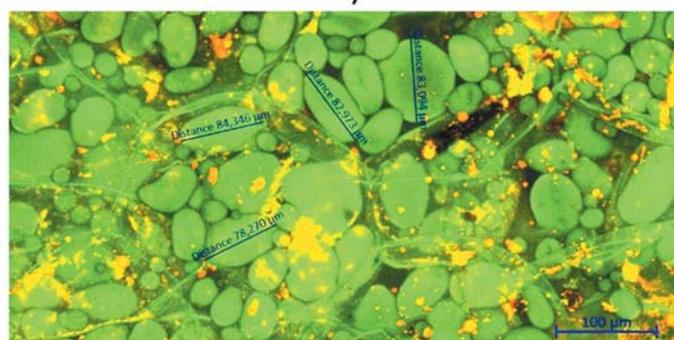
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Крахмальные гранулы с применением конфокального лазерного микроскопа: а) среднепоздний сорт картофеля Казачок; б) раннеспелый сорт картофеля Colette; в) среднепелый сорт картофеля Очарование; г) среднепоздний сорт картофеля Sifra
Figure 2. Starch granules with the use of a confocal laser scanning microscope: a) medium late potato variety Kazachok; б) early-maturing potato variety Colette; в) mid-season potato variety Ocharovanie; г) medium-late potato variety Sifra

В работе белорусских исследователей при изучении крахмалистости сортов было установлено, что уровень содержания крахмала в гранулах, выделенных из клубней различных сортов картофеля, тесно связан со сроком их созревания. В частности, в группе ранних сортов он варьировал от 11.1 до 14.7 %, среднеранних – от 11.4 до 14.5 %, среднеспелых – от 15.7 до 19.5 % и в группе среднепоздних – от 18.3 до 23.0 % [7].

По данным ряда ученых крахмалистость в клубнях сортов различных групп спелости имела существенную тенденцию увеличения от группы раннеспелых до среднепоздних сортов картофеля. Содержание крахмала в группе раннеспелых составило 14.6 %, среднеранних – 15.5 %, среднеспелых – 16.3 %, среднепоздних – 16.9 %, или на 2.3 % больше по сравнению с раннеспелыми сортами [15, 18].

В наших исследованиях установлено, что сорта из среднеспелой и среднепоздней групп созревания более крахмалистые, чем сортообразцы из более ранних групп спелости. В среднем разница по содержанию крахмала между этими группами составила 1.97 %. Образцы с высокой крахмалистостью рекомендуются на переработку для получения крахмалопродуктов. Сорта с низким количеством крахмала относятся к источникам диетического направления.

Значение имеет не только общее содержание крахмала в клубнях, но и соотношение больших гранул к мелким [8]. Применение метода флуоресцентной микроскопии позволило охарактеризовать гранулометрический состав непосредственно в клетках каждого сорта, определить размер и форму гранул, а также соотношение крупных гранул к мелким. Крахмальные зерна и форма клеток были визуализированы (табл., рис. 2).

Применение конфокального микроскопа дает возможность рассмотреть не только размер гранул, но и их форму. При изучении морфологических характеристик крахмальных гранул зарубежными учеными были выделены образцы картофеля с гранулами удлиненной формы, отношение длины к ширине варьировалась от 1.30 до 1.49. В ходе исследований обнаружены сорта с гранулами неправильной формы. Установлено, что крахмальные гранулы диких видов имеют более удлиненную форму, чем у культурного картофеля [19, 20].

В наших исследованиях изученные сорта, независимо от срока созревания и происхождения, имели преимущественно гранулы округлой и овальной формы. Выделены сорта с содержанием округлых гранул 50 % и более – Colette, Лена, Вектор. С удлиненной формой зерен (более 20 % от общего числа зерен в клетке) отмечены сорта Солнышко, Очарование, Фрителла, Цыганка Лора. Клетки сортов

Очарование, Солнышко и Фрителла содержали более 20 % гранул удлиненного типа. Сорт Мусинский имел треть гранул (31.6 %) неправильной формы, что затруднит переработку его клубней на крахмал. Размеры крахмальных гранул и их процентное распределение в зрелых клубнях различались среди изученных генотипов.

Заключение

В результате анализа данных, полученных при использовании метода, установлена прямая связь между количеством крупных крахмальных зерен в клетке и сортовой особенностью – срока созревания. Пределы варьирования количества зерен в клетке составили от 6.2 до 12.1 штук. Отмечено, что сорта из ранних групп спелости имели больше гранул, чем образцы более позднего срока созревания. Генотипы среднеспелого и среднепозднего сроков созревания имеют в клетках больше половины крахмальных гранул размером 40-70 мкм и более, несмотря на то, что по количеству их меньше, чем у сортов раннеспелых и среднеранних. Клетки клубней раннеспелых и среднеранних сортов в основном включали зёрна размером менее 40 мкм. Установлено, что сорта из среднеспелой и среднепоздней групп созревания более крахмалистые, чем сортообразцы из более ранних групп спелости. Разница по содержанию крахмала между этими группами составила 1.97 %. На основании полученных данных разработан "Способ отбора сортов картофеля с крупными крахмальными гранулами в клетке клубня" (№ 2764103, дата регистрации в Государственном реестре изобретений РФ 13.01.2022 г.).

Данные морфологического анализа гранулометрического состава различных сортов, полученные с помощью конфокального лазерного микроскопа позволили установить форму и размер гранул в клетке клубня картофеля, а также определить количественное соотношение крупных гранул к мелким. Сравнительное исследование морфологической структуры картофельного крахмала сортов различных сроков созревания и происхождения позволило выявить связь между сроком созревания и размером гранул. Установлена положительная связь между сортами среднего и среднепозднего срока созревания и свойством сохранять крахмал в клубне в течение длительного хранения. Таким образом, полученные результаты исследования позволят на первоначальном этапе селекционной работы проводить отбор ценных образцов и способствовать повышению эффективности создания специальных гибридов и сортов для производства продуктов различного назначения (диетического, пищевого и технического).

• Литература / References

1. Tetlow I.J. Starch Biosynthesis in Crop Plants. *Agronomy*. 2018;(8):81. <https://doi.org/10.3390/agronomy8060081>
2. Bertoft E. Understanding Starch Structure: Recent Progress. *Agronomy*. 2017;7(3):56. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030056>
3. Ruskina A.A., Popova N.V., Naumenko N.V. et al. Analysis of Contemporary Methods of Modification of Starch as an Instrument of Enhancing its Technological Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*. 2017;5(3):12–20. <https://doi.org/10.14529/food170302>
4. Lizarazo H.S.P., Hurtado R.G.G., Rodríguez C.L.F. Physicochemical and morphological characterization of potato starch (*Solanum tuberosum* L.) as raw material for the purpose of obtaining bioethanol. *Agronomía Colombiana*. 2015;33(2):244-252. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.47239>
5. Shirani-Bidabadi M., Nazarian-Firouzabadi F., Sorkheh K. et al. Transcriptomic analysis of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber development reveals new insights into starch biosynthesis. *PLoS One*. 2024;19(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297334>
6. Ulbrich M., Salazar M. L., Flöter E. Separation and molecular characterization of the amylose- and amylopectin-fraction from native and partially hydrolyzed potato starch. *Starch - Stärke*. Vol. 69. Issue 7-8. <https://doi.org/10.1002/star.201600228>
7. Литвяк В.В., Заболотец А.А., Симаков Е.А. и др. Особенности морфологической структуры гранул крахмала различных сортов картофеля. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(11):55-59. [Lityvak V.V., Zabolotets A.A., Simakov E.A., Mitushkin A.V., Zhuravlev A.A., Kostenko V.G. Features of the morphological structure of starch granules in various potato varieties. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2019;33(11):55-59. (In Russ.)] <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11112> <https://www.elibrary.ru/thpmqh>
8. Brust H., Orzechowski S., Fettke J. Starch and Glycogen Analyses: Methods and Techniques // *Biomolecules*. 2020;10(7):1020. <https://doi.org/10.3390/biom10071020>
9. Хлесткин В.К., Пельтек С.Е., Колчанов Н.А. Гены-мишени для получения сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с заданными свойствами крахмала (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(1):25-36. [Khlestkin V.K., Peltek S.E., Kolchanov N.A. Target genes for development of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars with desired starch properties (review). *Agricultural biology*. 2017;52(1):25-36. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15389/agrobiolgy.2017.1.25rus> <https://www.elibrary.ru/yfqfch>
10. Andersson M., Turesson H., Nicolia A. et al. Efficient targeted mutational mutagenesis in tetraploid potato (*Solanum tuberosum*) by transient CRISPR-Cas9 expression in protoplasts. *Plant Cell Rep*. 2017;(36):117-128. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2062-3>
11. Hou J., Liu T., S. Reid et al. Silencing of α -amylase StAmy23 in potato tuber leads to delayed sprouting. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019;(139):411-418. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.044>
12. Schonhals E.M., Ortega F., Barandalla L. et al. Identification and reproducibility of diagnostic DNA markers for tuber starch and yield optimization in a novel association mapping population of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Theor. Appl. Genet*. 2016;(129):767-785. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2665-7>
13. Khlestkin V.K., Erst T.V., Rozanova I.V. et al. Genetic loci determining potato starch yield and granule morphology revealed by genome-wide association study (GWAS). *PeerJ*. 2020;(8):e10286. doi: 10.7717/peerj.10286
14. Khlestkin V.K., Rozanova I.V., Efimov, V.M. et al. Starch phosphorylation associated SNPs found by genome-wide association studies in the potato (*Solanum tuberosum* L.). *BMC Genet*. 2019;(20):29. <https://doi.org/10.1186/s12863-019-0729-9>
15. Larder C., Baeghbali V., Pilon C. et al. Effect of Non-Conventional Drying Methods on In Vitro Starch Digestibility Assessment of Cooked Potato Genotypes. *Foods*. 2019;8(9):1-14. <https://doi.org/10.3390/foods8090382>
16. Zhao F., Jing L., Wang D. et al. Grain and starch granule morphology in superior and inferior kernels of maize in response to nitrogen. *Sci Rep*. 2018;(8):6343. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23977-0>
17. Lityvak V.. Size and morphological features of native starch granules of different botanical origin. *Ukrainian Food Journal*. 2018;7(4):563-576. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2018-7-4-3>
18. Ильчук П.В. Урожайность и крахмалистость клубней картофеля в зависимости от группы спелости сорта и погодноклиматических условий во время вегетации. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2014;(2):81-84. [Ilchuk R.V. Productivity and starchiness of potato tubers depending on the maturity group of the variety and weather and climatic conditions during the growing season. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2014;(2):81-84. (In Russ.)] <https://www.elibrary.ru/zcrjih>
19. Zhang X., Cheng Y., Jia X. et al. Effects of Extraction Methods on Physicochemical and Structural Properties of Common Vetch Starch. *Foods*. 2022;(11):2920. doi.org/10.3390/foods11182920
20. Li K., Zhang T., Zhao W. et al. Characterization of starch extracted from seeds of *Cycas revolute*. *Front Nutr*. 2023;(10):1159554. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1159554>

Об авторах:

Ирина Вячеславовна Ким – главный научный сотрудник лаборатории диагностики болезней картофеля, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, SPIN-код: 4991-4382, автор для переписки, kimira-80@mail.ru

Дмитрий Игоревич Волков – заведующий отделом картофелеводства и овощеводства, <https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>, SPIN-код: 7420-6384, volkov_dima@inbox.ru

Алексей Григорьевич Клыков – заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>, SPIN-код: 2857-8546

About the Authors:

Irina V. Kim – Chief Researcher, Laboratory for Diagnostics of Potato Diseases, <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, SPIN-code: 4991-4382, Correspondence Author, kimira-80@mail.ru

Dmitry I. Volkov – Head of the Potato and Vegetable Growing Department, <https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>, SPIN-code: 7420-6384, volkov_dima@inbox.ru

Aleksei G. Klykov – Head of Department, Department of Selection and Biotechnology Crops, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>, SPIN-code: 2857-8546

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-108-113>
УДК: 631.8:637.146.4:658.155

Е.И. Маградзе*

ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет»
426034, Россия, Удмуртская республика,
г. Ижевск, ул. Университетская, 1

*Автор для переписки:

elena.magradze@gmail.com

Вклад автора: Е.И. Маградзе: концептуализация, методология, проведение исследования, написание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Маградзе Е.И. Влияние способа получения нового удобрения, содержащего *Streptomyces coelicolor*, выращенных на молочной сыворотке, на его эффективность. *Овощи России*. 2025;(1):108-113.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-108-113>

Поступила в редакцию: 03.09.2024

Принята к печати: 02.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Elena I. Magradze*

Udmurt Republic State University
1, Universitetskaya, Izhevsk,
Udmurt Republic, 426034, Russia.

*Corresponding Author:

elena.magradze@gmail.com

Author's Contribution: E.I. Magradze: conceptualization, methodology, conducting the study, writing the manuscript and editing it.

Conflict of interest. The author declares that he has no conflict of interest.

For citation: Magradze E.I. The effect of the method of production a new fertilizer containing *Streptomyces coelicolor* grown on whey on its effectiveness. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):108-113. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-108-113>

Received: 03.09.2024

Accepted for publication: 02.12.2024

Published: 28.12.2024

Влияние способа получения нового удобрения, содержащего *Streptomyces coelicolor*, выращенных на молочной сыворотке, на его эффективность

Check for updates



CC BY NC

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последние годы активно расширяется рынок микробиологических удобрений. Для того, чтобы новые биоудобрения эффективно работали, важно не только подбирать качественный и количественный состав микроорганизмов, но и изучать влияние этих бактерий на их численность, распространение и долговременность пребывания в почве, а также воздействие на растения. Цель исследования: выявить влияние способа получения удобрения на основе молочной сыворотки, содержащей *Streptomyces coelicolor*, на количество и длительность содержания этих бактерий в почве, а также на ростовые характеристики горчицы белой (*Sinapis alba* L.), посеянной в почву через длительный временной интервал после полива удобрением.

Методы. Биоудобрение получали, выращивая бактерии *Streptomyces coelicolor* на разведенной и автоклавированной молочной сыворотке. Инокулят для удобрения получали двумя способами: однократным культивированием на жидкой среде Ваксмана и последовательным культивированием в молочной сыворотке в возрастающих объемах. Культивировали без перемешивания и с перемешиванием в термостатируемом шейкере. Эффективность удобрений изучали в лабораторных условиях на почвах в контейнерах. Количество *Streptomyces coelicolor* в почве определяли через 0,5, 1,5, 2 и 4 месяца после полива удобрениями. Влияние удобрения на семена горчицы белой, посеянной через два месяца после полива, определяли по характеристикам качества семян, количеству листьев и ростовым параметрам листовых пластинок.

Результаты. Удобрение, полученное путем последовательного культивирования инокулята и выращиванием стрептомицетов без перемешивания, содержало в десять раз больше стрептомицетов, чем удобрения, полученные другим способом, а также эффективнее увеличивало количество стрептомицетов в почве. После однократного применения удобрений стрептомицеты длительно сохранялись в почве. По влиянию на количество листьев и площадь листовой пластинки самыми эффективными оказались удобрения, культивируемые без перемешивания.

Заключение. Удобрение, полученное методом последовательного культивирования инокулята в возрастающих объемах и выращивания стрептомицетов без перемешивания, способствует большему увеличению стрептомицетов в почве и более эффективно при выращивании горчицы белой, по сравнению с удобрениями, полученными другими способами. Оно эффективно действует на рост культур, посеянных в почву через длительное время после полива. Удобрение можно применять в комнатном растениеводстве и тепличных хозяйствах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

биоудобрение, молочная сыворотка, *Streptomyces coelicolor*

The effect of the method of production a new fertilizer containing *Streptomyces coelicolor* grown on whey on its effectiveness

ABSTRACT

Relevance. In recent years, we have seen an increase in the number of new bacterial fertilizers. New fertilizers must be effective, so it is important to select their qualitative and quantitative composition. It is equally important to study the effect of these bacteria on their number, dissemination and long-term residence in the soil, as well as their effects on plants.

Aim of the Study. This work studies the effect of the method of obtaining a fertilizer containing *Streptomyces coelicolor* grown on the whey on the amount and duration of these bacteria in the soil and on the growth characteristics of white mustard (*Sinapis alba* L.) sown into the soil after a long time after watering with fertilizer.

Methods. The whey was diluted and autoclaved, *Streptomyces coelicolor* were grown on this substrate. An inoculum for this biofertilizer was obtained in two ways. The first way: *Streptomyces coelicolor* were grown once on a Waksman's media. The second way: the inoculum was sequentially grown on the whey, gradually increasing the volume. Bacteria in fertilizer were cultivated without mixing or by mixing in the temperature-controlled shaker. We studied the effect of biofertilizer on soil in containers in the laboratory. The amount of *Streptomyces coelicolor* in the soil was determined 0.5, 1.5, 2 and 4 months after watering with fertilizer. Seeds of white mustard were sown two months after watering with fertilizer. We studied the effect of fertilizer on growth characteristics of white mustard.

Results. The fertilizer obtained by sequentially cultivating the inoculum and growing streptomycetes without mixing contained ten times more streptomycetes than fertilizers obtained by another method. This biofertilizer also effectively increased the number of streptomycetes in the soil. *Streptomyces* from fertilizer have been preserved in the soil for a long time. The effect of biofertilizers obtaining without mixing on growth characteristics of white mustard was the most effectively.

Conclusion. The fertilizer obtained by sequentially cultivating the inoculum and growing streptomycetes without mixing contributes to a more increase of streptomycetes number in the soil and is more effective in growing white mustard than fertilizers obtained by other methods. Our biofertilizer is effective in growing crops sown in the soil for a long time after watering with fertilizer. The fertilizer can be used in indoor crop production and greenhouse farms.

KEYWORDS:

biofertilizer, dairy whey, *Streptomyces coelicolor*

Введение

Рынок микробиологических удобрений активно расширяется в последние годы, разрабатываются новые удобрения, увеличивается список видов бактерий, используемых в качестве биопрепаратов [1,2]. Микроорганизмы, входящие в состав биоудобрений, попадая в почву, оказывают положительное влияние на рост и развитие растений [3,4]. Применение бактериальных удобрений позволяет уменьшить количество вносимых в почву минеральных удобрений и пестицидов или отказаться от них, так как они в избытке негативно влияют на почву, а при вымывании из нее – на близлежащие водоемы [5-7]. Также одним из плюсов биоудобрений является более экологичное производство, по сравнению с изготовлением минеральных удобрений [8].

Однако несмотря на положительные качества, биоудобрения применяются ограниченно. Причина в том, что возможности биоудобрений, по сравнению с минеральными и органическими препаратами, до конца не изучены. Живые организмы, входящие в состав биопрепаратов, зависимы от климатических условий, стрессовых факторов в почве, от других микроорганизмов [8]. Поэтому при разработке новых биоудобрений важно не только строго выдерживать количественное и качественное содержание полезных для растений бактерий, но и изучать влияние этих микроорганизмов на их численность, распространение и долговременность пребывания в почве.

Стрептомицеты хорошо подходят в качестве потенциальных кандидатов для производства биоудобрений. Они активно заселяют ризосферу растений, переводят ионы некоторых металлов из нерастворимой в растворимую форму, улучшают рост растений за счет выделяемых фитогормонов, обладают антимикробным, антиоксидантным, противовирусным и фунгицидным действием [9-13]. Для усиления эффекта рекомендовано использовать стрептомицеты из местных почв [14]. Однако стрептомицеты, по сравнению с другими родами бактерий, редко используются в удобрениях, несмотря на то, что есть исследования, доказывающие положительное влияние отдельных видов стрептомицетов на растения, и рекомендации использовать эти штаммы в биоудобрениях [15-18].

Разрабатываемое нами удобрение содержит стрептомицеты, выделенные из почвы Ботанического сада Удмуртского государственного университета. Ранее нами было исследовано влияние разработанного нами удобрения на прорастание семян и ростовые параметры растений при использовании нашего биопрепарата непосредственно во время посева [19]. Но не менее важно изучить длительность положительного эффекта удобрения в почве, влияние бактерий, попавших в почву из биоудобрения, на растения, посеянные через некоторое время после обработки почвы удобрением.

Цель работы: выявить влияние способа получения удобрения на основе молочной сыворотки, содержащего *Streptomyces coelicolor*, на количество и длительность содержания этих бактерий в почве, а также на ростовые характеристики горчицы белой (*Sinapis alba* L.), внесенной в почву через длительный временной интервал после полива удобрением.

Методы и материалы исследования

Новое удобрение было получено путем выращивания бактерий вида *Streptomyces coelicolor* на молочной сыворотке, которую разводили в 8 раз водой и автоклавировали. Использовали кислую творожную молочную сыворотку. Стрептомицеты выделили из почвы Учебного Ботанического сада ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет». Почва ботанического сада дерново-подзолистая, легкосуглинистая, бедная, со слабокислой реакцией и низкой суммой поглощенных оснований. Бактерии выделяли на питательную среду Ваксмана для стрептомицетов. Состав среды (г/л воды): глицерин – 3,0; K_2HPO_4 – 1,0; $NaNO_3$ – 2,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5; KCl – 0,5; агар – 20. При приготовлении жидкой питательной среды агар не добавляли. Таким образом, использовали штамм, выделенный из почвы нашего региона в лаборатории микробиологии и физиологии растений Удмуртского государственного университета.

Удобрение получали двумя способами. В первом случае стрептомицеты с поверхности агаризованной среды Ваксмана переносили в жидкую среду Ваксмана. После 7 суток культивирования в термостате содержимое колбы перемешивали и разливали в 3 колбы с сывороткой. Удобрением является культуральная жидкость, содержащая биомассу, остатки питательной среды и продукты метаболизма, полученная после 7 суток культивирования при $(30 \pm 1)^\circ C$. При втором способе стрептомицеты со скошенной агаризованной среды Ваксмана переносили в 3 пробирки с 5 мл молочной сыворотки. Через 7 суток культивирования из пробирок содержимое полностью перенесли в три колбы с 50 мл молочной сыворотки из расчета 1 пробирка – одна колба. После 7 суток культивирования содержимое колб перенесли в колбы с 250 мл сыворотки. Таким образом, после 7 суток культивирования получили удобрение, представляющее собой культуральную жидкость. Оба способа получения удобрения подразумевают наличие в нем молочной сыворотки, переработанной стрептомицетами, и самих микроорганизмов.

Биоудобрения, получаемые первым способом, культивировали в стационарных условиях в термостате и в термостатируемом шейкере. Условное обозначение удобрений: Т1 и Ш1 соответственно. Биоудобрения, получаемые вторым способом, культивировали только в термостате, не перемешивая. Удобрению присвоили обозначение Т2.

При отсутствии перемешивания стрептомицеты образуют на поверхности жидкой питательной среды плотные «глыбки» [20], практически не распределяясь по объему жидкости. На их поверхности развивается воздушный мицелий со спорами. При перемешивании удобрения после культивирования крупные «глыбки» распадаются на более мелкие, но хорошо видные невооруженным глазом. При перемешивании во время культивирования мицелий «глыбок» не образует, равномерно распределен по объему среды и практически не виден невооруженным глазом.

Полученными удобрениями поливали контейнеры с почвой. Почва – из ботанического сада, характеристики почвы представлены выше. Параметры почвы в контейнере 9,05x6,37x5,41 см. Масса почвы – 330 г. За двое суток до начала эксперимента почву полили одинаковым объемом воды, чтобы она не была сухой. Каждым видом удоб-

рения поливали по три контейнера. Объем удобрения рассчитывали, исходя из предположения, что стрептомицеты в виде «глыбок» не смогут распределиться по всему объему почвы, а займут небольшой слой у поверхности. Площадь почвы составила 57,64 см². В каждый контейнер залили по 50 мл удобрения. В качестве контроля три контейнера поливали водой и три контейнера поливали разведенной и автоклавированной сывороткой, объем сыворотки и воды также составил по 50 мл на каждый контейнер. Всего было использовано 15 контейнеров.

В дальнейшем почву во всех контейнерах поливали водой по мере высыхания. Для подсчета концентрации *Streptomyces coelicolor* в почве определяли КОЕ/г колониеобразующих единиц на 1 г почвы (КОЕ/г) методом десятикратных разведений 1 г почвы и высевом на плотную среду Ваксмана по методу Коха. Почвенные пробы для подсчета КОЕ *Streptomyces coelicolor* в контейнерах отбирали на глубине 0,5-1 см от поверхности трижды: через 2 недели, 1,5 месяца и 2 месяца после полива. После третьего отбора проб в каждый контейнер посеяли по 20 семян горчицы. Определяли энергию прорастания и всхожесть семян горчицы. Через месяц после посева посчитали количество выживших растений, количество листьев каждого растения, определили длину и ширину листьев. Данные по количеству листьев, их длине и ширине усреднили для каждого вида полива. После уборки горчицы почву контейнера поливали водой в течение 1 месяца, не допуская пересыхания. Через месяц снова отобрали пробы из контейнеров на глубине 0,5-1 см от поверхности и 0,5-1 см от дна и посчитали КОЕ *Streptomyces coelicolor*. Статистическую обработку данных проводили в программе Excel, применяя непараметрический критерий Данна в случае с КОЕ стрептомицетов и критерий Стьюдента при расчетах параметров горчицы по С. Гланц (1998) и Г.Ф. Лакину (1990) [20,21].

Результаты и обсуждение

Конечное количество КОЕ стрептомицетов в удобрении зависит от способа получения удобрения. Удобрение, полученное посевом первичного инокулята в питательную среду, содержало на порядок меньше стрептомицетов, чем удобрение, полученное путем последовательного культивирования инокулята. Среднее количество КОЕ стрептомицетов в удобрениях представлено в таблице 1.

При отсутствии перемешивания стрептомицеты образуют на поверхности жидкой питательной среды плотные «глыбки» [22], практически не распределяясь по объему жидкости. Этим объясняется большой разброс значений при подсчете КОЕ, так как невозможно перемешать удобрение до однородного распределения стрептомицетов по объему питательной среды. На их поверхности развивается воздушный мицелий со спорами. При перемешивании удобрения после культивирования крупные «глыбки» распадаются на более мелкие, но хорошо видные невооруженным глазом. При перемешивании во время культивирования мицелий «глыбок» не образует, равномерно распределен по объему среды и практически не виден невооруженным глазом.

Так как «глыбки» являются образованиями, видимыми невооруженным глазом, то мы предположили, что при поливе нашим удобрением стрептомицеты не распределяются по объему почвы, а располагаются в плоскости, близкой к ее поверхности. Ожидаемое количество КОЕ стрептомицетов в почве рассчитали, поделив объем удобрения на площадь почвы в контейнере. Результаты, полученные через две недели после полива почвы удобрениями (табл. 1), показали, что основная часть стрептомицетов осталась в верхнем слое почвы.

Из-за большого разброса значений количество стрептомицетов в почве после полива удобрениями Т1 и Ш1, а также сывороткой и водой достоверных различий не имело. Однако количество стрептомицетов в почве после полива удобрением Т2 достоверно отличалось от их количества во всех других почвах опыта.

Через 1,5 месяца после полива удобрениями было вновь посчитано количество КОЕ стрептомицетов в почве для отслеживания динамики их роста. Почвы после полива сывороткой и водой в опыте не участвовали. Мы наблюдали увеличение количества КОЕ стрептомицетов в почвах, политых удобрением Т1 и Т2. Однако достоверных различий в динамике роста не наблюдали. Количество КОЕ стрептомицетов в почве после удобрения Т2 достоверно отличалось от количества КОЕ стрептомицетов в почвах, политых удобрениями Т1 и Ш1. Между количеством КОЕ стрептомицетов в почвах, политых удобрением Т1 и Ш1, достоверных различий выявлено не было.

Через два месяца после полива количество КОЕ стрептомицетов в каждом виде полива снизилось, однако достоверных различий в динамике численности стрепто-

Таблица 1. Влияние концентрации *Streptomyces coelicolor* в удобрении на концентрацию этих бактерий в почве
Table 1. Effect of *Streptomyces coelicolor* concentration in fertilizer on *Streptomyces coelicolor* concentration in soil

Вариант опыта	Удобрение, 10 ⁵ КОЕ/мл <i>Streptomyces coelicolor</i> ,	Ожидаемое количество, 10 ⁵ КОЕ/г <i>Streptomyces coelicolor</i> в почве, глубина 0,5-1,0 см, после полива	10 ⁵ КОЕ/г <i>Streptomyces coelicolor</i> в почве, глубина 0,5-1,0 см, через две недели после полива, *10 ⁵
Т1	0,73±0,18	0,63	0,75±0,66
Ш1	2,41±0,72	2,09	3,08±1,41
Т2	37,79±25,29	32,75	36,75±11,88*
сыворотка	-	-	0,44±0,24
контроль	-	-	0,14±0,11

Примечание: статистически достоверно отличаются от параметров других вариантов (критерий Данна, уровень значимости 0,05)

мицетов в почве не наблюдалось. Достоверно различались данные по количеству стрептомицетов в почве, политой удобрением Т2 и других почвах. Количество стрептомицетов в почве после полива сывороткой также достоверно отличалось от количества стрептомицетов в других почвах. Достоверных различий в почвах, политых удобрениями Т1 и Ш1 обнаружено не было. Данные по количеству стрептомицетов в почве через 1,5 и 2 месяца после полива удобрениями представлены в таблице 2.

Средние характеристики роста горчицы представлены в таблице 3. Энергия прорастания и всхожесть семян горчицы минимальны при поливе удобрением Ш1, но статистическая обработка результатов не выявила достоверных различий между видами полива.

Мы измеряли количество листьев, а также длину и ширину листовой пластинки. От количества и параметров листьев зависит количество получаемой световой энергии. В среднем, количество листьев на одно растение было максимальным у растений, поливаемых удобрением Т1, и достоверно отличалось от такого же параметра у растений из почвы, политой удобрением Ш1, а также сывороткой и водой. Между средним количеством листьев у растений, поливаемых удобрением Т1 и Т2 статистически достоверных различий не наблюдалось. Но, также не было достоверных различий по среднему количеству листьев между растениями, поливаемыми удобрением Т2 и остальными видами полива. Достоверных различий между водой и другими видами полива, кроме Т1, не наблюдалось. Среднее количество листьев у растений, политых удобрением Т1, на 16% превышает тот же показатель у растений, политых водой. Доказательством того, что в удобрении стрептомицеты и продукты их метаболизма являются действующими агентами, служат растения, политые молочной сывороткой, подготовленной как питательная среда для стрептомицетов. Среднее количество листьев у растений, политых сывороткой, было минимальным. Однако статистически достоверно эти показатели отличались только от растений, политых удобрениями Т1 и Т2. Стрептомицеты в почве положительно повлияли на среднее количество листьев у горчицы. При этом, стрептомицеты, которые не образовывали агрегаты во время культивирования на шейкере, не оказали положительного влияния на среднее число листьев у растений. «Глыбки» стрептомицетов, которые при поливе удобрением задерживаются в почве у поверхности,

оказывают положительное влияние на семена горчицы, которые посеяны неглубоко в почву, непосредственно взаимодействуя с ними. Таким образом, на количество листьев повлиял характер роста стрептомицетов, но не их количество в удобрении.

Средняя длина листа максимальна у растений, выросших после полива удобрением Т2, при этом достоверных различий не наблюдалось только с растениями, поливаемыми водой. Тем не менее, увеличение листовой пластинки по сравнению с контролем равно 15,49%. Полив сывороткой негативно повлиял на длину листовой пластинки, разница с другими поливами статистически достоверна. Полив удобрением Т2 положительно повлиял на площадь листовой пластинки. Средняя ширина листа у горчицы была максимальной в опыте с поливом Т2 и достоверно отличалась от того же параметра у растений, выросших при других видах полива. Средняя ширина листовой пластинки на 20,97% больше, чем при поливе водой. При этом, средняя ширина пластинки у растений, политых сывороткой, была минимальной и достоверно отличалась от того же параметра, у растений, выросших при других видах полива.

Таким образом, разведенная и проавтоклавированная молочная сыворотка негативно влияет на среднее количество листьев, а также их длину и ширину у растений. Следовательно, основными агентами в нашем удобрении являются стрептомицеты. Удобрение из шейкера не повлияло на ростовые параметры растений. Возможно, агрегация стрептомицетов в удобрении позволяет им в виде пеллет находиться в почве, а, следовательно, быть более устойчивыми к окружающей среде, чем неагрегированные стрептомицеты, и обеспечивать более высокую концентрацию полезных для растения веществ в прикорневой зоне.

Через месяц после сбора растений горчицы среднее количество стрептомицетов в почвах после полива удобрениями уменьшилось, однако статистически достоверным уменьшение не было (табл. 4). Таким образом, стрептомицеты из удобрения увеличили количество стрептомицетов в почве, и их число через четыре месяца после полива остается на высоком уровне. В закрытом помещении, где на почву не влияют погодные условия, в условиях постоянного полива стрептомицеты в течение длительного времени не подавляются почвенной микрофлорой.

Таблица 2. Динамика концентрации *Streptomyces coelicolor* в почве опыта
Table 2. Dynamics of *Streptomyces coelicolor* concentration in the soil

Вариант опыта	KOE/г <i>Streptomyces coelicolor</i> в почве, глубина 0,5-1,0 см, через 1,5 месяца после полива, *10 ⁵	KOE/г <i>Streptomyces coelicolor</i> в почве, глубина 0,5-1,0 см, через 2 месяца после полива, *10 ⁵
Т1	1,3±0,48	0,23±0,88
Ш1	1,49±0,44	0,37±0,17
Т2	44,79±11,98*	24,92±3,15
Сыворотка	-	0,02±0,02
Вода	-	0

Примечание: статистически достоверно отличаются от параметров других вариантов (критерий Данна, уровень значимости 0,05)

Таблица 3. Показатели всхожести и биометрические характеристики горчицы в опыте с биоудобрением на основе *Streptomyces coelicolor*
Table 3. Germination indicators and biometric characteristics of mustard in the experiment with biofertilization based on *Streptomyces coelicolor*

Вариант опыта	Энергия прорастания семян горчицы, %	Всхожесть семян горчицы	Среднее количество листьев	Средняя длина листьев	Средняя ширина листьев
Т1	90,00±2,89	96,67±3,33	2,40±0,08	6,34±0,31	4,04±0,23
Ш1	33,33±13,64	48,33±15,90	2,10±0,11	5,83±0,29	3,79±0,22
Т2	78,33±11,67	78,33±9,28	2,30±0,09	7,38±0,36*	4,96±0,26*
сыворотка	93,33±3,33	80,00±2,89	1,93±0,06	4,85±0,24*	2,68±0,15*
Контроль	78,33±19,22	80,00±11,55	2,07±0,11	6,39±0,36	4,10±0,24

Примечание: статистически достоверно отличаются от параметров других вариантов (критерий Стьюдента, уровень значимости 0,05)

Таблица 4. Изменение численности *Streptomyces coelicolor* в почве через четыре месяца после внесения удобрений
Table 4. *Streptomyces coelicolor* concentration in soil changes four month after fertilization

Вариант опыта	Количество стрептомицетов 10 ⁵ КОЕ/г почвы через 1 месяц после сбора урожая горчицы	Стандартная ошибка
Т1	0,35	0,15
Ш1	0,52	0,18
Т2	4,5±	1,76
Сыворотка	0,004	0,003
Контроль	0,01	0,01

Заключение

Стрептомицеты, содержащиеся в микробиологическом удобрении, увеличивают количество этих бактерий в почве. В комнатных условиях стрептомицеты длительное время могут сохраняться в грунте. Большую роль играет способ выращивания *Streptomyces coelicolor* при получении биоудобрения. В отсутствие перемешивания стрептомицеты образуют на поверхности питательной среды «глыбки», что позволяет при обработке почвы не распределяться по ее объему, а задерживаться около поверхности, куда высевают семена. Этот факт необходимо учитывать при расчете расхода удобрения, добавляя его исходя не из объема, а из площади, которую занимает почва в контейнере. Агрегированные стрептомицеты легче переносят стрессовые условия окружающей среды. На ростовые параметры горчицы оказали влияние агрегация стрептомицетов и количество их КОЕ. Удобрение, полученное путем постепенного увеличения объема инокулята, содержало больше стрептомицетов, чем полученное путем однократного посева инокулята. Чем выше концентрация стрептомицетов в удобрении, тем лучше эффект, который оно оказывает на горчицу. В закрытых помещениях, где отсутствует влияние погодных условий на почву, стрептомицеты могут сохраняться в грунте длительное время. Поэтому новое удобрение можно использовать в комнатном растениеводстве и тепличном хозяйстве.

Литература

- Shahwar D., Mushtaq Z., Mushtaq H., Alqarawi A.A., Younhoon Park Y., Alshahran T.S., Faizan S. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: a review. *Heliyon*. 2023;9(6):e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
- Yadav A., Yadav K. Challenges and Opportunities in Biofertilizer Commercialization. *SVOA Microbiology*. 2024;5(1):1-14. <https://doi.org/10.58624/SVOAMB.2024.05.037>
- Santos F., Melkani S., Oliveira Paiva C., Bini D., Pavuluri K., Gatiboni L., Mahmud A., Torres M. Eric McLamore E., Bhadha J.H. Biofertilizer use in the United States: definition, regulation, and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024;108(1):511. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13347-4>
- Wei X., Xie B., Wan C., Song R., Zhong W., Xin S., Song K. Enhancing soil health and plant growth through microbial fertilizers: mechanisms, benefits, and sustainable agricultural practices. *Agronomy*. 2024;(14):609. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030609>
- Потетня К.М. Влияние химических удобрений на окружающую среду.

- Научно-технический вестник: технические системы в АПК. 2022;3-4(15-16);42-47. <https://elibrary.ru/crepec>
- Потетня К.М. Питательный стресс почвы как следствие использования непропорциональных норм химических удобрений. *Научно-технический вестник: технические системы в АПК*. 2023;1(17):35-43. <https://elibrary.ru/ijxgrh>
- Ammar E.E., Rady H.A., Khattab A.M., Amer, M.H., Mohamed, S.A., Elodamy, N.I., Al Farga A., A Aioub A.A. A comprehensive overview of eco-friendly bio-fertilizers extracted from living organisms. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023;30(53):113119-113137. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30260-x>
- Khan A., Singh A.V., Gautam S.S., Agarwal A., Punetha A., Upadhayay V.K., Kukreti B., Bundela V., Jurgan A.K., Goel R. Microbial bioformulation: a microbial assisted biostimulating fertilization technique for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2023;(14):1270039. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1270039>
- Kaari M., Manikkam R., Annamalai K.K., Joseph J. Actinobacteria as a source of biofertilizer/biocontrol agents for bio-organic agriculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2023;(134). <https://doi.org/10.1093/jambio/txac047>

10. Nazari M.T., Schommer V.A., Braun J.C.A., dos Santos L.F., Lopes S.T., Simon V., Machado B.S., Ferrari V., Colla L.M., Piccin J.S. Using *Streptomyces* spp. as plant growth promoters and biocontrol agents. *Rhizosphere*. 2023;(27):100741. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100741>.
11. Olanrewaju O.S., Babalola O.O. *Streptomyces*: implications and interactions in plant growth promotion. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019;(103):1179–1188. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y>
12. Oumaima B., Faouzi E. *Streptomyces* at the heart of several sectors to support practical and sustainable applications: a review. *Progress In Microbes & Molecular Biology*. 2023;6(1). <https://doi.org/10.36877/pmmb.a0000345>
13. Youseif S.H., El-Megeed F.H.A., Salous M.S., Mohamed A.H. *Streptomyces* biostimulants: an effective sustainable approach to reduce inorganic N input and maintain high yield of wheat crop in different soil types. *Journal of Applied Microbiology*. 2023;134(8):156. <https://doi.org/10.1093/jambio/ixad156>
14. Orouji E., Baba M.F.G., Sadeghi, A., Gharanjik S., Koobaz P. Specific *Streptomyces* strain enhances the growth, defensive mechanism, and fruit quality of cucumber by minimizing its fertilizer consumption. *BMC Plant Biol*. 2023;(23):246. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04259-y>
15. Широких И.Г., Назарова Я.И., Бакулина А.В., Абубакирова Р.И. Новые штаммы стрептомицетов как перспективные биофунгициды. *Теоретическая и прикладная экология*. 2021;(1):172-180. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-172-1801> <https://elibrary.ru/suhxy>
16. Aallam Y., Dhiba D, El Rasafi T., Abbas Y., Haddioui A., Tarkka M., Hamdali H. Assessment of two endemic rock phosphate solubilizing *Streptomyces* spp. on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth under field conditions. *Scientia Horticulturae*. 2023;(316):112033. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112033>
17. Al-Tammar F.K., Khalifa A.Y. An update about plant growth promoting *Streptomyces* species. *J. Appl. Biol. Biotechnol*. 2023:1-10. <https://doi.org/10.7324/JABB.2023.130126>
18. Prastiti R.D., Indrawan A.D., Mujoko P.S.T., Widjajani B.W. Survivability and Benefit Evaluation of *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. as Active Ingredients of Biopesticides and Soil Fertility Enhancer in Shallot Fields at Wates Village Tulungagung. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2023;(1131):012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1131/1/012011>
19. Маградзе Е.И., Кузнецова В.А. Влияние биоудобрения, полученного на основе молочной сыворотки, и содержащего *Streptomyces coelicolor*, на развитие рассады петунии. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2023;(4):17-21. <https://doi.org/10.26178/AE.2023.77.19.004> <https://elibrary.ru/ihzhaf>
20. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М., Практика, 1998. 459 с.
21. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., Высшая школа, 1990. 352 с.
22. Виноградова К.А., Филиппова С.Н., Полин А.Н. Морфогенез, программируемая клеточная смерть и антибиотикообразование у стрептомицетов в условиях погруженного роста. *Антибиотики и антибиотикотерапия*. 2017;62(7-8):56-68. <https://elibrary.ru/ynzesn>
5. Potetnya K.M. The impact of chemical fertilizers on the environment. *Scientific and technical bulletin: technical systems in agriculture*. 2022;3-4(15-16):42-47. (In Russ.) <https://elibrary.ru/crepec>
6. Potetnya K.M. Soil nutritional stress as a consequence of the use of unproportionate rates of chemical fertilizers. *Scientific and technical bulletin: technical systems in agriculture*. 2023;1(17):35-43. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ijxgrh>
7. Ammar E.E., Rady H.A., Khattab A.M., Amer, M.H., Mohamed, S.A., Elodamy, N.I., Al Farga A., A Aioub A.A. A comprehensive overview of eco-friendly bio-fertilizers extracted from living organisms. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023;30(53):113119-113137. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30260-x>
8. Khan A., Singh A.V., Gautam S.S., Agarwal A., Punetha A., Upadhayay V.K., Kukreti B., Bundela V., Jurgan A.K., Goel R. Microbial bioformulation: a microbial assisted biostimulating fertilization technique for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2023;(14):1270039. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1270039>
9. Kaari M., Manikkam R., Annamalai K.K., Joseph J. Actinobacteria as a source of biofertilizer/biocontrol agents for bio-organic agriculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2023;(134). <https://doi.org/10.1093/jambio/ixac047>
10. Nazari M.T., Schommer V.A., Braun J.C.A., dos Santos L.F., Lopes S.T., Simon V., Machado B.S., Ferrari V., Colla L.M., Piccin J.S. Using *Streptomyces* spp. as plant growth promoters and biocontrol agents. *Rhizosphere*. 2023;(27):100741. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100741>.
11. Olanrewaju O.S., Babalola O.O. *Streptomyces*: implications and interactions in plant growth promotion. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019;(103):1179–1188. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y>
12. Oumaima B., Faouzi E. *Streptomyces* at the heart of several sectors to support practical and sustainable applications: a review. *Progress In Microbes & Molecular Biology*. 2023;6(1). <https://doi.org/10.36877/pmmb.a0000345>
13. Youseif S.H., El-Megeed F.H.A., Salous M.S., Mohamed A.H. *Streptomyces* biostimulants: an effective sustainable approach to reduce inorganic N input and maintain high yield of wheat crop in different soil types. *Journal of Applied Microbiology*. 2023;134(8):156. <https://doi.org/10.1093/jambio/ixad156>
14. Orouji E., Baba M.F.G., Sadeghi, A., Gharanjik S., Koobaz P. Specific *Streptomyces* strain enhances the growth, defensive mechanism, and fruit quality of cucumber by minimizing its fertilizer consumption. *BMC Plant Biol*. 2023;(23):246. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04259-y>
15. Shirokikh I.G., Nazarova Ya.I., Bakulina A.V., Abubakirova R.I. New *Streptomyces* strains as promising biofungicides. *Theoretical and Applied Ecology*. 2021;(1):172-180. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-172-1801> <https://elibrary.ru/suhxy>
16. Aallam Y., Dhiba D, El Rasafi T., Abbas Y., Haddioui A., Tarkka M., Hamdali H. Assessment of two endemic rock phosphate solubilizing *Streptomyces* spp. on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth under field conditions. *Scientia Horticulturae*. 2023;(316):112033. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112033>
17. Al-Tammar F.K., Khalifa A.Y. An update about plant growth promoting *Streptomyces* species. *J. Appl. Biol. Biotechnol*. 2023:1-10. <https://doi.org/10.7324/JABB.2023.130126>
18. Prastiti R.D., Indrawan A.D., Mujoko P.S.T., Widjajani B.W. Survivability and Benefit Evaluation of *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. as Active Ingredients of Biopesticides and Soil Fertility Enhancer in Shallot Fields at Wates Village Tulungagung. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 2023;(1131):012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1131/1/012011>
19. Magradze E.I., Kuznetsova V.A. The effect of a whey-based biofertilizer containing *Streptomyces coelicolor* on the cultivation of *Petunia grandiflora* seedlings. *Agrochemistry and ecology problems*. 2023;(4):17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.26178/AE.2023.77.19.004> <https://elibrary.ru/ihzhaf>
20. Glanz S. Medical and biological statistics. Translated from English. Moscow, Praktika, 1998. 459 p. (In Russ.)
21. Lakin G.F. Biometrics. Moscow, Vysshaya shkola, 1990. 352 p. (In Russ.)
22. Vinogradova K.A., Filipova S.N., Polin A.N. Morphogenesis, programmed cell death and antibiotic formation in *Streptomyces* under conditions of submerged growth. *Antibiotics and Chemotherapy*. 2017;62(7-8):56-68. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ynzesn>

• References

1. Shahwar D., Mushtaq Z., Mushtaq H., Alqarawi A.A., Younghoon Park Y., Alshahran T.S., Faizan S. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: a review. *Heliyon*. 2023;9(6):e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
2. Yadav A., Yadav K. Challenges and Opportunities in Biofertilizer Commercialization. *SVOA Microbiology*. 2024;5(1):1-14. <https://doi.org/10.58624/SVOAMB.2024.05.037>
3. Santos F., Melkani S., Oliveira Paiva C., Bini D., Pavuluri K., Gatiboni L., Mahmud A., Torres M. Eric McLamore E., Bhadha J.H. Biofertilizer use in the United States: definition, regulation, and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024;108(1):511. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13347-4>
4. Wei X., Xie B., Wan C., Song R., Zhong W., Xin S., Song K. Enhancing soil health and plant growth through microbial fertilizers: mechanisms, benefits, and sustainable agricultural practices. *Agronomy*. 2024;(14):609. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030609>

Об авторе:

Елена Ильинична Маградзе – аспирант, ст. преподаватель каф. ботаники, зоологии и биоэкологии Института естественных наук, <https://orcid.org/0009-0000-6531-3516>, SPIN-код: 1220-1713, автор для переписки, elena.magradze@gmail.com

About the Author:

Elena I. Magradze – Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Department of Botany, Zoology and Biocology of the Institute of Natural Sciences of the Udmurt Republic State University, <https://orcid.org/0009-0000-6531-3516>, SPIN-code: 1220-1713, Corresponding Author, elena.magradze@gmail.com



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН СЕМЯН
ФГБНУ ФНЦО

Наши сорта и технологии - гарантия урожая и качества

БОЛЬШОЙ ВЫБОР СЕМЯН от ведущего производителя в России

КОНТАКТЫ:

Отдел продаж ФГБНУ ФНЦО: +7(495)594-77-17, +7(903)190-46-55

E-mail: info@vniissok.com

Интернет-магазин: www.vniissok.com

Магазин "Семена ВНИССОК":

Адрес: 143080, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Липовая, д.2

График работы: понедельник-пятница 9.00-18.00, суббота 9.00-17.00, воскресенье 9.00-14.00

В нашем магазине Вы всегда можете самостоятельно купить семена, свежие овощи, рассаду, цветы, а также сопутствующие товары.



на правах рекламы

МАСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

www.vniissok.com